



**DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE BIOGAS COMO ALTERNATIVA
PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL
RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGIA QFD**



**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA D.T.C.H**

2006





**DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE BIOGAS COMO ALTERNATIVA
PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL
RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGIA QFD**

**ALEJANDRA MILENA PERTUZ BRITO
DANIEL ALBERTO PEÑA AGUDELO**

Trabajo de Memoria de Grado presentado para optar el título de

Ingeniero Industrial

Director

NESTOR CAICEDO SOLANO

Especialista en Ingeniería y Gestión de Calidad

Candidato a Magíster

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA D.T.C.H**

2006



Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santa Marta, D.T.C.H., Julio de 2006



DEDICATORIAS





A Dios por regalarme la oportunidad de existir y brindarme todos los medios para salir adelante

A mi abuela (Dora Gómez de Brito) y mi padre (Adalberto Pertuz Bolaño) Q.E.P.D, por que aunque no estén conmigo físicamente sus instrucciones, consejos y apoyo permanecen presentes en mi.

A mi mamá Maria Eugenia Brito, por que ha incentivado en mi la fortaleza y el esmero para afrontar la vida.

A mi tía Judith, por acompañarme, preocuparse por mi y no dejarme jamás sola, por ser a parte de tía mi mamá, mi hermana y mi amiga.

A mi novio Ramiro Palmiery, por convertirse en la razón de ser de mis sueños y aspiraciones.

A Dora, Luis y Pipe, por enseñarme lo realmente importante en la vida.

A mi familia paterna por brindarme el apoyo económico.

A mis amigos, profesores, compañeros y a mi familia adoptiva (Meibi, Tere, Edy y Ramiro padre) por permitirme aprender de ellos y compartir mis alegrías, triunfos, tristezas y derrotas.

Finalmente a mi director de Tesis Néstor Caicedo Solano, por sus exigencias y representar un modelo a seguir en cuanto a la formación profesional.

Alejandra M. Pertuz



A Dios Nuestro Señor y a la Virgen por iluminarme a diario y poder llevar a cabo mi proyecto de vida.

A mis padres Víctor Manuel y Carmen Alicia que han estado conmigo toda mi vida apoyándome y brindándome muchas enseñanzas para ser un mejor individuo en esta sociedad.

A mis hermanas Laura Marcela y Rosario Elena por darme a diario muchas energía para hacer bien las cosas.

A mi Abuela Rosa y tíos Marlene Beatriz, Ilba Rosa y Luis por contar con su apoyo incondicional en todo lo que necesité.

A todos mis primos por estar conmigo en corto tiempo, pero su apoyo fue siempre evidente.

A mis amigos y compañeros Alejandra, Luis, Carlos, Fernando y David quienes estuvieron conmigo en uno de los momentos mas complicados de mi vida y me dieron la fuerza necesaria para salir adelante.

A todos mis profesores por ofrecerme sus conocimientos de manera desinteresada y contar con sus consejos a tiempo.

A las Familias Toro Manjarréz y Ropaín Bolaño quienes estuvieron muy atentos a mi formación como futuro ingeniero.

Al Ing. Néstor Caicedo Solano quien estuvo muy comprometido con este proyecto y nos asesoró oportunamente.

Daniel Alberto Peña Agudelo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios Todopoderoso por guiarnos e iluminarnos permanentemente en el desarrollo de nuestro proyecto de vida y por permitirnos alcanzar nuestras metas.

La Universidad del Magdalena por brindarnos la oportunidad de adquirir todos nuestros conocimientos y realizar nuestros estudios de pregrado en el Programa de Ingeniería Industrial.

La empresa Interaseo por suministrarnos la información necesaria para completar la documentación de este proyecto.

El Ingeniero Néstor Caicedo Solano por su aporte profesional y apoyo incondicional en la elaboración y consecución de este proyecto.

El Ingeniero Jaime Noguera Serrano director de programa de Ingeniería Industrial , por mostrarse comprometido y apoyarnos en la conquista de este logro.

Todos los docentes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Magdalena, quienes nos ofrecieron sus conocimientos y saberes para la culminación de nuestros estudios, por su dirección, paciencia, entrega y valiosos consejos que nos permitieron hacer realidad nuestro sueño de convertirnos en Ingenieros Industriales.

Nuestros amigos y compañeros (Luis, David, Carlos, Fernando, Leandro, Mercedes, Jaír, Carlos Mario y José Alexander), personas que de una manera u otra nos ofrecieron su colaboración en la consecución de este logro.

CONTENIDO

1.	PRESENTACION	.....	1
2.	RESUMEN DEL PROYECTO	.....	3
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	.....	5
4.	ESTADO DE DESARROLLO	.....	9
4. 1	Situación Internacional	.....	9
4. 2	Situación Nacional	.....	12
4. 3	Situación Local	.....	14
5.	MARCO TEORICO	.....	16
5.1	Residuos Sólidos	.....	16
5.1.1	Generalidades	.....	16
5.1.2	Clases de Basuras	.....	18
5.1.3	Los residuos como problema y su tratamiento	.....	19
5.1.4	Residuo Orgánicos e Inorgánicos	.....	20
5.1.5	Descomposición Aerobia y Anaerobia	.....	22
5.2	Biomasa	.....	24
5.2.1	Definición y tipos de Biomasa	.....	24
5.2.2	Ventajas de la Introducción de la biomasa como fuente de Energía	.....	27
5.2.3	Procesos de conversión	.....	28
5.2.3.1	Procesos de Combustión Directa	.....	30
5.2.3.2	Procesos Termo - Químicos	.....	30
5.2.3.3	Procesos Bioquímicos	.....	32

5.3	Calidad	.....	35
5.3.1	Conceptos de Calidad	.....	36
5.3.1.1	Calidad de Diseño	.....	37
5.3.1.2	Calidad de Conformancia	.....	37
5.3.1.3	Calidad de Vida del Trabajador	.....	38
5.3.2	Autores de la Gestión de Calidad	.....	38
5.3.2.1	Dr. Joseph Juran	.....	38
5.3.2.1.a	La Calidad para Joseph Juran	.....	38
5.3.2.1.b	La Misión de Juran y la Planificación para la calidad	.....	39
5.3.2.1.c	La Trilogía de Juran	.....	39
5.3.2.2	Dr. Genichi Taguchi	.....	42
5.3.2.2.a	El pensamiento de Taguchi	.....	43
5.3.2.2.b	El control de calidad desde la etapa del diseño del producto	.....	44
5.4	El Despliegue de la función calidad QFD	.....	46
5.4.1	Surgimiento del QFD	.....	46
5.4.2	QFD Concepto y Características	.....	47
5.4.3	Metodología	.....	49
5.4.3.1	Las Cuatro fases del QFD	.....	50
5.4.3.2	La Casa de la Calidad (HOQ)	.....	51
5.3.2.2.a	Los nueve pasos de la casa de la calidad	.....	52
5.4.3.3	Diagnostico a partir del QFD	.....	55
6.	JUSTIFICACION	.....	57
7.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	.....	61
7.1	Objetivo General	.....	61
7.2	Objetivos Específicos	.....	61
8.	METODOLOGIA	.....	62

9.	CARACTERIZACION GENERAL DEL MANEJO DE RESIDUOS EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA	.....	64
9.1	Síntesis Diagnostica	.....	71
9.2	Caracterización de la calidad del servicio de aseo	.....	71
9.2.1	Análisis de la cobertura y calidad del servicio de aseo actual	.....	72
9.2.1.a	Análisis de la Oferta y la Demanda	.....	74
9.3	Dinámica Poblacional	.....	75
9.3.1	El crecimiento Urbano	.....	77
9.4	Cantidad de residuos generados	.....	79
9.4.1	Análisis de los tipos de porcentaje de desechos sólidos de la ciudad	.....	81
10.	DIAGNOSTICO DE LA PRESTACIÓN DEL SISTEMA DE ASEO EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA	.....	83
10.1	Definición del nivel de complejidad del sistema Actual	.....	83
10.2	Tipo de materiales Recuperados	.....	83
10.3	Conducta y comportamiento de los usuarios del servicio de aseo	.....	84
10.4	Frecuencia de recolección	.....	86
10.5	Rutas de recolección	.....	88
10.6	Cobertura del servicio de aseo	.....	90
10.6.1	Cobertura poblacional y domestica del aseo publico	.....	90
10.7	Vehículos para la recolección	.....	90
10.8	Almacenamiento	.....	92
10.9	Métodos de aprovechamiento	.....	94
10.10	Ubicación dentro de los planes de	.....	94

	ordenamiento territorial		
10.11	Procedimiento general de diseño del sistema de aseo y reciclaje actual (Relleno Sanitario)	.....	96
10.11.1	Relleno Sanitario(Descripción General)	.....	96
10.11.2	Tipos de Relleno Sanitario	.....	97
10.11.3	Descripción general del relleno sanitario	.....	100
10.11.4	Importancia del relleno sanitario	.....	101
10.11.5	Ventajas y Desventajas del relleno sanitario	.....	102
10.12	Características del relleno sanitario de Palangana	.....	104
10.13	Acciones Legales	.....	104
10.14	Aspectos Ambientales	.....	106
11.	ANÁLISIS BRECHA	.....	108
11.1	Problemática Causas y Consecuencias	.....	108
12.	DIAGNOSTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA	.....	111
12.1	Datos Generales sobre las características de la población que se atenderá	.....	113
12.2	Cantidad de basura producida por la población atendida	.....	114
12.3	Cantidad de basura recolectada	.....	115
12.4	Cobertura del servicio	.....	116
12.5	Selección de los residuos a incinerar	.....	117
12.6	Generación de Calor	.....	119
12.6.1	Contenido de Energía /Poder Calorífico	.....	119
12.6.2	Análisis de Material Volátil, Cenizas, carbón fijo y humedad	.....	120
12.6.3	Determinación de Carbono, Hidrógeno,	.....	123

	Nitrógeno, Oxígeno, Azufre y Cenizas		
12.7	Reducción de la cantidad de residuos	.....	126
12.8	Emisiones de los contaminantes del proceso de incineración	.....	126
12.9	Residuos de la Incineración	.....	127
13.	DESPLIEGUE PRACTICO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO A PARTIR DE LA METODOLOGÍA QFD FASE I Y FASE II	.....	128
13.1	Modelo de Diseño	.....	128
13.2	Especificaciones de Diseño	.....	129
13.2.1	Diseño de Matrices	.....	130
13.2.2	Captación de las Necesidades	.....	133
13.3	Despliegue de las Matrices de Calidad para cada componente	.....	133
13.3.1	Localización de la Planta	.....	133
13.3.2	Parámetros de Operación	.....	140
13.3.3	Sistema de recuperación de calor	.....	141
13.3.4	Sistema de remoción de partículas	.....	157
13.3.5	Sistema de remoción de gases	.....	162
13.3.6	Sistema de descarga y almacenamiento	.....	171
13.3.7	Sistema de entrada al incinerador	.....	175
14.	DESPLIEGUE DE LA METODOLOGIA QFD PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA FASE III	.....	180
15.	PUNTOS CRÍTICOS DOMINANTES DE MEDICIÓN Y CONTROL PARA EL OPTIMO FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA FASE IV	.....	183
15.1	Puntos Críticos de Medición y Control Continuos	.....	184

15.2	Puntos Críticos de Medición y Control Individuales o en Discontinuo	.....	186
15.3	Manejo de los residuos	.....	187
15.4	Cenizas residuales (Cenizas de fondo)	.....	187
15.5	Partículas residuales (Cenizas volantes)	.....	189
15.6	Productos de depuración	.....	191
15.7	Vertimiento de aguas residuales	.....	191
15.8	Seguridad Industrial y Ocupacional	.....	193
15.8.1	Procedimientos de Diseño y Operación bajo condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional	.....	193
15.9	Actividades de Mantenimiento para controlar y prevenir daños	.....	195
16.	CONCLUSIONES	.....	199
17.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	.....	201
18.	GLOSARIO	.....	202
19.	REFERENCIACION GENERAL	.....	217
19.1	Normas técnicas referenciadas	.....	217
19.1.1	Normas técnicas Colombianas	.....	217
19.2	Leyes decretos y legislación pertinente	.....	219
20.	BIBLIOGRAFIA	.....	221
	ANEXOS	.....	225

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Clases de basuras	18
Tabla 2	Los residuos y su destino	20
Tabla 3	Tipos de conversión y usos de la biomasa	34
Tabla 4	Proceso de la trilogía de Juran	41
Tabla 5	Los nueve pasos de la casa de la calidad	52
Tabla 6	División administrativa de Santa Marta Zona Urbana	66
Tabla 7	División administrativa de Santa Marta Zona Rural	69
Tabla 8	Dotación física empleada para la prestación de servicio de recolección de basuras	73
Tabla 9	Población Santa Marta DANE 2004	76
Tabla 10	Crecimiento urbano	77
Tabla 11	Porcentaje de desechos por tipo de usuario	82
Tabla 12	Cantidad y porcentaje de residuos sólidos generados en el DTCH de Santa Marta.	85
Tabla 13	Cobertura poblacional y doméstica del aseo público	90
Tabla 14	Características del relleno sanitario de Palangana	104
Tabla 15	Producción de basura por habitante (pph) y por vivienda (ppv)	115
Tabla 16	Cantidad de basura recolectada	116
Tabla 17	Cobertura de recolección por estrato socio económico	117
Tabla 18	Relación de poder calorífico	118
Tabla 19	Relación de poder calorífico de los residuos en Santa Marta.	118

Tabla 20	Porcentaje de humedad, material volátil, carbón fijo y cenizas.	.....	123
Tabla 21	Porcentaje de carbón, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y cenizas.	.....	123
Tabla 22	Entorno e Infraestructura	.....	134
Tabla 23	Parámetros de operación	.....	140
Tabla 24	Ladrillos refractarios	.....	146
Tabla 25	Valores del factor S	.....	155
Tabla 26	Reducción catalítica selectiva	.....	163
Tabla 27	Reducción catalítica no selectiva	.....	164
Tabla 28	Separación en el Origen	.....	165
Tabla 29	Depuración Húmeda	.....	165
Tabla 30	Depuración seca	.....	166
Tabla 31	Hidrocarburos y monóxido de carbón	.....	167
Tabla 32	Dioxinas, furanos y metales	.....	167
Tabla 33	Puntos críticos de medición y control de contaminantes	.....	186

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS Y DIAGRAMAS

Figuras

Figura 1	Proceso de generación de biomasa	.....	24
Figura 2	Las cuatro fases del QFD	.....	51
Figura 3	Proyecciones del crecimiento del área urbana del distrito.	.....	78
Figura 4	Relleno sanitario tipo área	.....	98
Figura 5	Relleno sanitario tipo Rampa	.....	98
Figura 6	Relleno sanitario combinado (área y rampa)	.....	99
Figura 7	Esquema de un relleno sanitario	.....	102
Figura 8	Sistema de Recuperación de Calor	.....	142
Figura 9	Sistema de Recuperación de Calor Caldera	.....	147
Figura 10	Nomograma para el calculo de la Altura Mínima de la Chimenea	.....	154

Gráficos

Gráfico 1	Porcentaje de los residuos sólidos	.....	17
Gráfico 2	Contribución de la biomasa a la energía primaria en UE	.....	111
Gráfico 3	Contribución de la biomasa en el uso térmico.	.....	112
Gráfico 4	Contribución de la biomasa para generar energía eléctrica	.....	112
Gráfico 5	Poder calorífico de los residuos.	.....	119
Gráfico 6	Cantidad de cenizas en los residuos	.....	121
Gráfico 7	Cantidad de carbón fijo	.....	121
Gráfico 8	Cantidad de humedad	.....	122

Gráfico 9	Cantidad de oxígeno	.....	124
Gráfico 10	Cantidad de carbono	.....	124
Grafico 11	Cantidad de hidrógeno	.....	124
Gráfico 12	Cantidad de nitrógeno	.....	125
Grafico 13	Cantidad de azufre	.....	125
Gráfico 14	Cantidad de cenizas	.....	125
Grafica 15	Corrección de la Altura Mínima	.....	156
Grafica 16	Porcentaje de Requerimientos	.....	161
Grafica 17	Ponderación Relativa	.....	169
 Diagramas			
Diagrama 1	Producto finales de descomposición orgánica	.....	23
Diagrama 2	Proceso de conversión de la biomasa	.....	29
Diagrama 3	La trilogía de Juran	.....	40
Diagrama 4	Análisis de cobertura y prestación de servicio	.....	74
Diagrama 5	Especificaciones de diseño	.....	130
Diagrama 6	House of Quality	.....	132
Diagrama 7	Oxido de Nitrógeno	.....	163
Diagrama 8	Ácidos y Óxidos de Azufre	.....	164
Diagrama 9	Hidrocarburos y Monóxidos de Carbono	.....	166
Diagrama 10	Dioxinas, Furanos y Metales	.....	167

LISTA DE MATRICES

Matriz 1	Localización (Requerimientos vs. Necesidades de Instalación	135
Matriz 2	Localización (Necesidades de Instalación vs. Medidas de Funcionamiento)	136
Matriz 3	Localización (Medidas de Funcionamiento vs. Recursos Necesarios)	137
Matriz 4	Cámara de Combustión I	144
Matriz 5	Cámara de Combustión II	145
Matriz 6	Caldera I	148
Matriz 7	Caldera II	149
Matriz 8	Chimenea I	151
Matriz 9	Chimenea I	152
Matriz 10	Sistema de Remoción de Partículas I	160
Matriz 11	Sistema de Remoción de Partículas II	161
Matriz 12	Sistema de Remoción de Gases I	168
Matriz 13	Sistema de Remoción de Gases II	170
Matriz 14	Sistema de Descarga y Almacenamiento I	173
Matriz 15	Sistema de Descarga y Almacenamiento II	173
Matriz 16	Sistema de Entrada al Incinerador I	178
Matriz 17	Sistema de Entrada al Incinerador II	179
Matriz 18	Especificación de los procesos productivos	181

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Formatos manuales de metodología	226
Anexo 2	Tabla de prestación del servicio en las diferentes ciudades del país	232
Anexo 3	Tarifas del servicio de aseo para Santa Marta	234
Anexo 4	Diagnóstico general	235
Anexo 5	Diagnóstico socioeconómico	237
Anexo 6	Diagnóstico ambiental	239
Anexo 7	Diagnóstico técnico, operativo y de planeación	240
Anexo 8	Diagnóstico institucional	243
Anexo 9	Diagnóstico administrativo, financiero y comercial	244
Anexo 10	Presupuesto de Inversiones de la ciudad de Santa Marta Periodo 2004 –2007	245
Anexo 11	Programación diaria de rutas de recolección	246
Anexo 12	Folleto Relleno Sanitario Parque Ambiental Palangana	247
Anexo 13	Mapa de la ciudad de Santa Marta	248



1. PRESENTACIÓN

Existen muchas maneras de tratar la basura para que sea de utilidad y no cause tantos problemas sociales y de salud. Estas se llaman las "estrategias para la recuperación de los recursos". "Se pueden lograr considerables beneficios socioeconómicos en los países en desarrollo a partir de la recuperación de recursos y reciclaje de desechos. Por ejemplo, creación de empleos en las actividades de recuperación y reciclaje, productos comercializables, disminución de contaminación ambiental, reducción de importaciones y posibilidades de aumentar la productividad agrícola a través de la reutilización de desechos orgánicos".

El interés de este proyecto es plantear soluciones concretas al problema social de las basuras en la ciudad de Santa Marta, al seleccionar una estrategia tecnología apropiada, que permita utilizar los recursos locales disponibles como son los residuos orgánicos, los cuales pueden ser usados como simple medio para producir energía y biofertilizantes por medio de plantas de biogás. Para ello, es preciso el diseño de una planta para la generación de biogás en la cual se pueda aprovechar los residuos orgánicos provenientes del Relleno Sanitario de Palangana de la ciudad de Santa Marta y esto se puede plasmar a través de la implementación de la metodología QFD¹ que es un instrumento que permite la planificación y control de producción de valor /calidad en cuanto a la satisfacción de las necesidades funcionales del cliente o receptor, en las características de un producto o servicio.

¹ Quality Function Deployment – Despliegue de la Función Calidad

Para la obtención de biogás, se debe contar con una cantidad suficiente de biomasa que no es más que el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico.

La biomasa puede aprovecharse de diversas formas, mediante los llamados procesos de conversión, y en general se quema directamente en plantas energéticas tradicionales con ciclos de vapor, como sucede desde antaño en los centrales azucareros; o en sistemas más avanzados y eficientes que emplean la gasificación en ciclos combinados, en los que se usan los gases de escape de las turbinas de gas, el cual alimenta un generador de tipo ordinario. Esta última es la vía más eficiente de aprovechamiento de la biomasa y la que tiene un futuro más prometedor.

Entre las posibles fuentes de biomasa se encuentran los residuos agrícolas; los cultivos energéticos, como la caña energética y los bosques de eucalipto; los desechos de la industria maderera, como el aserrín; el bagazo de caña; los desechos urbanos, como cajas de embalaje, cartón, muebles rotos y papel; los residuos de madera de la construcción; y las aguas residuales urbanas.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

En el manejo integral de los Residuos Sólidos existe una variada gama de posibilidades para procesarlos de manera adecuada. Dentro de estas posibilidades se encuentran: la separación en diferentes componentes (en origen y en destino), reducción en volumen y/o tamaño, tratamiento, procesamiento y disposición final. La adopción de una o más alternativas deberá tener un fuerte respaldo técnico y económico que justifique la decisión, ya que en muchos casos, involucran inversiones y costos de operaciones elevados.

Con frecuencia se ofrecen tecnologías que prometen terminar con el “problema de los residuos”. Sin embargo, estas soluciones tecnológicas sólo se encargan de algunos componentes de los residuos sólidos, sin indicar al usuario que hacer con los componentes restantes, los cuales pueden ser reutilizados y transformados en energía.

La energía contenida en los residuos permite realizar cambios en su energía interna. Estos residuos son incinerados en una caldera y la energía interna se transfiere en forma de calor al agua que circula por una extensa red de tubos que tapizan las paredes de la caldera. El aumento de la temperatura del agua es tal que pasa al estado de vapor a alta presión. Ha ocurrido una primera transformación energética: la energía interna del combustible se transforma en energía interna del vapor del agua. A través de las tuberías, el vapor entra a gran presión en la turbina de la central y su expansión hace girar los alabes de la

misma. Ha ocurrido una segunda transformación energética: la energía se ha transformado en Movimiento.

La última transformación energética tiene lugar en el alternador y es allí donde el proceso cumple su ciclo y se genera la energía eléctrica.

Esta es una de las formas más recomendadas en la preservación de los recursos ambientales, pero al mismo tiempo es la menos utilizada por los costos que representa y por las exigencias de calidad que amerita.

El presente proyecto entregará un diseño de la infraestructura de una planta generadora de energía renovable a partir de los residuos sólidos generados en el Relleno Sanitario de Palangana de la ciudad de Santa Marta, utilizando el despliegue de la función calidad QFD como herramienta para asegurar que la disposición de la planta será la adecuada para satisfacer las necesidades de la comunidad y el medio ambiente en general; minimizando así, la cantidad de desechos a disponer en el relleno sanitario a partir de la transformación anaeróbica y aeróbica de los mismos y su alto efecto negativo en el entorno.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de los residuos sólidos en la gran mayoría de los países, y particularmente en determinadas regiones de América Latina, se agrava como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y una concentración desmesurada de las áreas urbanas, así como los cambios no contemplados en los hábitos de consumo y a otros factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente urbano²; tales como el manejo inadecuado y el no aprovechamiento en algunos casos de los residuos.

Colombia no es la excepción, en primer lugar porque en los últimos cuarenta años ha sufrido un crecimiento acelerado de la población por causa de la migración de personas de las zonas rurales a las zonas urbanas como consecuencia de la crisis económica, social y política que se libra en el campo³ efecto que ha traído como consecuencia el incremento de los volúmenes de residuos (que hacen que disminuya el periodo de vida útil de los rellenos sanitarios existente en las ciudades), aumento de la pobreza y miseria, ampliación de áreas marginales y urgente demanda de servicios públicos básicos.

La ciudad de Santa Marta no es ajena a esta situación, es así como se pueden encontrar núcleos familiares procedentes del área rural del Distrito, junto con los provenientes de la Zona Bananera y el municipio de Ciénaga principalmente. El fenómeno de migración ha contribuido notablemente a incrementar la población en

² P. Samuel; 1998

³ www.red.gov.co

Santa Marta: Un 61% de los residentes urbanos son oriundos del mismo Distrito, un 15% procede de diferentes municipios del Magdalena y un 24% de diferentes sectores del país. Esta circunstancia explica según datos de la Secretaría de Planeación Distrital (2004) que el 37,2% de los desplazados por la violencia o por oportunidades en el Departamento del Magdalena⁴, se movilizan a Santa Marta en busca de mejores condiciones de vida; trayendo como resultado altas tasas de desempleo, aumento de los cordones de miseria en los cerros y en algunos sectores de la ciudad; situación que se refleja en el rezago registrado en los indicadores de calidad de vida que tiene la ciudad frente al promedio regional nacional⁵, problemas de contaminación atmosférica, incremento en la producción de desechos sólidos y vertimientos líquidos, así como también, contaminación (por el arrojo de residuos) de la ronda de los ríos y quebradas.

Pese a que Santa Marta cuenta con una excelente cobertura (96%) del servicio de aseo y una eficiente disposición final (relleno sanitario)⁶ de los mismos, no garantiza que esta medida de disposición final sea una solución a largo plazo ya que sino existen planes o programas de aprovechamiento (reciclaje, compostaje etc.) de los diferentes materiales (materia orgánica y material no orgánico) que componen a los residuos sólidos, la medida será transitoria porque los aumentos exponenciales de residuos generados cada año en el Distrito son cada vez mas incuestionables⁷ y hace que los rellenos sanitarios se convierta en una alternativa poco sostenible y económica a través del tiempo tanto para los usuarios como para las empresas prestadoras del servicio de aseo.

⁴ POT, 2000-2009 (Plan de Ordenamiento Territorial)

⁵ Plan Distrital de desarrollo 2004-2007

⁶ Plan Distrital de Desarrollo 2004-2005

⁷ Estudio de impacto ambiental relleno sanitario Santa Marta tomo 1

Por otro lado y luego de las visitas hechas por técnicos del Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente (DADMA), a los barrios aledaños al relleno sanitario de Palangana, se concluyó que por los fuertes olores, la proliferación de roedores y las frecuentes enfermedades de la piel, se hacen invivibles estas zonas (Altos de Villa Concha, Divino Niño, Luis R. Calvo, Chimila I y II y los Fundadores), llevando a sus habitantes a desertar. Lo anterior, ha llevado a entidades como la Alcaldía, la Empresa de Servicios Públicos de Aseo (ESPA E.S.P.), **INTERASEO S.A. E.S.P.**⁸ (y el mismo DADMA, a tomar medidas de aseguramiento al medio ambiente y a optar por estudiar mecanismos de disminución de los residuos en el relleno sanitario⁹.

Concientes de la problemática que viven miles de habitantes del país y en particular el Distrito de Santa Marta, debido a los altos grados de contaminación generados por la no aplicación de herramientas de calidad y el no aprovechamientos de los residuos en especial los sólidos, depositados en los rellenos sanitarios, se propone implementar el diseño de una planta generadora de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, utilizando el sistema de calidad QFD que coadyuve con la reducción de los residuos dispuestos en el relleno sanitario Palangana, prolongue la vida útil de este y convierta a la empresa **E.S.P.A E.S.P** en un modelo de desarrollo limpio para Colombia, genere alternativas de empleo e ingresos económicos para los habitantes de la periferia del relleno sanitario y a su vez contribuya con los programas dispuestos en el **PGIRS** (planes de gestión integral de los residuos sólidos) de Santa Marta.

⁸ **Inter Aseo S.A. E.S.P.** Empresa dedicada a atender los servicios de recolección domiciliaria, industrial, comercial, etc. de basuras y residuos sólidos; el barrido y limpieza de vías y áreas públicas; y el transporte y disposición final, incluyendo las actividades complementarias de transferencia, tratamiento y aprovechamiento de basuras.

⁹ Hoy Diario del Magdalena, edición Ciudad, Enero 30/06

Esto nos lleva a formular el siguiente interrogante; ¿Una planta generadora de biogás constituye una solución apropiada para aprovechar los residuos sólidos generados en la ciudad de Santa Marta, partiendo del hecho que la metodología QFD sea la alternativa adecuada para su diseño?

4. ESTADO DE DESARROLLO

4.1. Situación Internacional

Hasta los días de hoy y desafortunadamente, de un futuro no tan cercano el 90% de las necesidades energéticas del planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón). Todos ellos extinguidos fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente por el interés predominante de la producción de energía sobre el efecto ecológico.

Como es conocido en los últimos años, las fuentes de energía han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor sobre todo en aquellos países en los cuales, la conciencia ecológica hace parte de la cultura.

Asia es el continente que más instalaciones de biogás ha reportado. Es por eso, que en este país desde 1973 se estableció la oficina de difusión del biogás y posteriormente el Centro Regional de Investigación para Asia y el Pacífico Sur. En China la situación actual de las zonas rurales se caracteriza por una gran escasez de energía y alrededor de 130 millones de familia carecen de combustible para uso doméstico durante tres meses del año. El 70 % del combustible para uso doméstico proviene de paja y tallos de cultivos. El Estado solo puede solucionar el 13% de las necesidades energéticas.

En la India alrededor de 500.000 familias utilizaron plantas de biogás para producir energía como sustituto del combustible doméstico. Hoy existen plantas demostrativas multifamiliares donde el gas se hace llegar por tuberías a cada vivienda con un precio módico para el consumidor.

En Europa existen alrededor de 564 instalaciones productoras de energía a través de gas y el tratamiento de desechos municipales ha tomado un mayor auge con respecto a la tecnología, tiempo de retención y eficiencia en los procesos.

En Estados Unidos existen algunas plantas similares a las europeas con un buen funcionamiento y al mismo tiempo en Latinoamérica se hacen esfuerzos aislados en distintos países, con el propósito de extender este tipo de energía a las condiciones de vida e idiosincrasia de los pueblos.

El país con mayor desarrollo en este tipo de plantas es Austria ya que cuenta con la planta de aprovechamiento de residuos mas sofisticada del planeta (Spittelau). Esta planta forma parte del plan de gestión de los residuos de la ciudad de Viena. La cantidad de residuos que recibe tratamiento térmico es de cerca de 265.000 toneladas anuales. Su combustión produce, además de calor para el sistema de calefacción centralizada, electricidad para su propio abastecimiento.

En 1995, más de 150.000 viviendas y más de 3.000 edificios públicos se conectaron al sistema de calefacción centralizada.

Las instalaciones de la planta de incineración de Spittelau tienen la mejor tecnología ambiental disponible en el momento actual: precipitadores electrostáticos y filtros húmedos para la eliminación de los metales pesados, ácido clorhídrico y dióxidos de azufre, y un sistema catalítico de depuración de gases de

combustión que reduce los óxidos de nitrógeno (NO_x), las dioxinas y furanos con un alto grado de eficacia.

Otro indicador de la compatibilidad ambiental de la planta incineradora de residuos de Spittelau es el hecho de que el diseño arquitectónico fue realizado por el célebre artista internacional Friedrich Hundertwasser, que es un ambientalista convencido y que únicamente accedió a hacerse cargo de este proyecto, de forma honorífica, tras largas discusiones sobre los aspectos ambientales.

La central eléctrica de Spittelau puede proporcionar a la red hasta 60 megavatios (MW), producidos mediante la incineración de los residuos. La incineradora municipal de residuos (MWI) ha estado en funcionamiento durante más de 25 años; su ubicación, al igual que la de incineradora municipal de Flotzersteig, estuvo predeterminada por la existencia de grandes hospitales, a los que se debía suministrar calefacción centralizada. La condición previa era que una parte considerable del calor debería proceder de los residuos.

Con el fin de asegurar su funcionamiento a plena carga durante tres días, se ha construido una fosa de almacenamiento de $7.000m^3$ de capacidad para almacenar los residuos. Se colocaron dos grúas de pórtico (de cerca de 20 metros de luz, cuchara de doble cadena de $4m^3$ de capacidad y de una altura de elevación de cerca de 25 metros) para cargar los hogares de las calderas y acumular los residuos en la fosa de almacenamiento.

Esta planta es una perfecta simbiosis entre la técnica ambiental de una central eléctrica y la arquitectura moderna, y está reconocida en todo el mundo.

4.2. Situación Nacional

Uno de los grandes problemas ambientales que generan las basuras consiste en el destino final que se les da. Según la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC-, las principales ciudades de Colombia, como Bogotá y Cali, producen aproximadamente 2.000 toneladas de basura diaria. La pregunta es ¿a dónde va a parar este montón de basura?

La solución en la mayoría de países desarrollados es el tratamiento de los residuos en forma anaeróbica (sin oxígeno), ya que tiende a ser la más efectiva y controlada que las soluciones tradicionales de tratamiento que acostumbramos a hacer mediante lagunas de oxidación, vertimientos, rellenos sanitarios, ríos o al mar directamente en algunos de los casos. No hay problema de desastres ecológicos. En Colombia existen ejemplos convincentes de vertimientos biodegradantes que han destruido mangles y ocasionado muerte de peces, contaminación y destrucción.

Colombia aun no cuenta con instalaciones generadoras de energía a partir de residuos, sin embargo, se han construido plantas de tratamiento y separación de residuos en regiones del interior del país como sucede en el departamento de Antioquia.

Antioquia es conocido como uno de los departamentos de Colombia con mejor gestión ambiental y valorado por Corantioquia como programa piloto para el Suroeste en el manejo y disposición final de los residuos sólidos a través de la incineración de las basuras, y a través de la fundación Montebello fortaleció esa vocación con la implementación de técnicas de aprovechamiento generando energía, combustible y abonos para cultivos.

Por paradoja, esta fortaleza nació de una debilidad, cuando hace cinco años Corantioquia hizo un requerimiento al municipio por la inadecuada disposición de sus residuos. En ese momento comenzó un proceso que tuvo el acompañamiento de la Corporación y del Comité Departamental de Cafeteros, entidades que cofinanciaron el montaje del centro integral para el manejo de residuos sólidos en la vereda El Olival.

De acuerdo con Corantioquia, el éxito del proyecto es que lo opera la misma comunidad, a través de su junta de acción comunal, con asesoría de la Umata.

Con ese compromiso comunitario se montaron procesos como el reciclaje domiciliario, centros de acopio de residuos, manejo de lombricultivo, producción de compostaje e incineración. "Es tan integral el proyecto que de un relleno sanitario con problemas por mal manejo, se pasó a una solución que sólo deja, cada semana, dos carretadas de ceniza para enterrar", asegura un vocero de Corantioquia.

El proceso está posicionado en la comunidad y el reciclaje ha permitido que un grupo de mujeres cabeza de hogar deriven el sustento de sus familias de esta actividad. Una de las más recientes ejecuciones es la construcción del centro de reciclaje en el sector del matadero, en el cual se hace la separación del plástico y vidrio y todo lo que se va a comercializar y a quemar.

Para mayor funcionalidad se construyó una planta física, que demandó una inversión de 50 millones de pesos, habilitada con rampa para cargue y descargue de materiales, compartimentos para su selección y maquinaria para la incineración. Esta tarea se cumplía en El Olival, pero continuará con mejores condiciones técnicas por el mismo grupo asociativo que la ha desarrollado, con la

posibilidad de mejorar sus ingresos. El grupo recibirá el manejo de la planta, luego de una fase de capacitación de todo su personal.

Para un mejor aprovechamiento, el concejal Luis Fernando López subraya que el municipio venderá los servicios de incineración de desechos a varios municipios de la zona. Para que la comunidad adquiriera la disciplina que hoy tiene en materia de separación desde la fuente, destaca, se requirió un proceso de capacitación, vigorizado desde las aulas escolares, que lleva cinco años.

El mayor logro para las autoridades locales es que, a la vez que solucionan el problema ambiental, en lo social ayudan a resolver otro con la generación de empleo para un grupo de familias.

4.3. Situación Local

La Empresa de Servicios Públicos de Aseo "ESPA" creada en 1993, presta sus servicios en el área urbana del Distrito, mediante el sistema de concesión con la firma INTERASEO. El diagnóstico realizado con la participación de funcionarios de ESPA y de INTERASEO, permite la caracterización del servicio en cuanto a operación, cobertura y calidad.

El servicio prestado consta de dos procesos básicos:

- Recolección domiciliaria, transporte y disposición final de basuras.
- Barrido y limpieza de vías, parques, áreas y espacios públicos en general, según programación.

La Frecuencia de recolección por sectores es la descrita a continuación:

- Diaria: Centro, sector hotelero, ruta hospitalaria, Rodadero, Santa Marta, Pleno Mar y Avenida Circunvalación.
- Dos veces por semana: En el 46% de los barrios de la ciudad.
- Tres veces por semana: En el 54% de los barrios de la ciudad.

La Disposición final se realiza en el relleno sanitario de Palangana; construido en un terreno de 50 Há, 20 de las cuales están ocupadas. Está ubicado en la zona rural a 1.5 Km. del último asentamiento subnormal, sobre la margen derecha de la carretera a Bahía Concha, separado de ésta unos 0.8 Kms. y aislado aparentemente por cerros. Su emplazamiento en este sitio dependerá de los resultados de estudios técnicos y ambientales.

Los desechos hospitalarios y de mataderos son separados de los desechos residenciales, hoteleros y de mercado, antes del reciclaje informal efectuado por cooperativas de recicladores; finalmente se esparce con un buldózer, se cubre con tierra y se compacta. Regularmente se hace mantenimiento de la vía de acceso y se recogen los materiales livianos esparcidos por el reciclaje y el viento.

La Cobertura y Calidad del servicio de aseo Alcanza un 96%, con un promedio diario de recolección de 320 toneladas de basura. El servicio es eficiente con excepción de la disposición final. La ciudad en términos generales presenta un aspecto limpio, condición ésta que se deteriora en períodos de alta temporada turística, especialmente en el Rodadero y las zonas de playas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 RESIDUOS SÓLIDOS

5.1.1 Generalidades

A través de la historia, el hombre siempre ha dejado la basura detrás de si, los restos de piezas de herrería antigua y las herramientas rotas que se han encontrado en las excavaciones, son considerados de gran valor como hallazgos arqueológicos y se les exhibe en museos, pues esos valiosos restos nos ayudan a descifrar como vivían esos pueblos en la antigüedad.

Hoy en día, el hombre de los países desarrollados vive en un mundo industrializado; nuestras fábricas elaboran toda clase de productos, que jamás habríamos podido encontrar en siglos anteriores, desde botellas plásticas hasta aviones de reacción. Nuestros hogares, escuelas y lugares de trabajo están minados de muebles, equipamientos, herramientas, maquinarias y miles de objetos varios.

Ya tal como están las cosas, se incentiva muy poco a la población a que produzca menos basura sin embargo, creamos montañas de desechos. Y esta basura toma diversas formas: desde peligrosas sustancias químicas que son absorbidas por el suelo, hasta bolsas plásticas que quedan enganchadas en los arbustos, pasando por los excrementos humanos que se descargan en el mar, sin procesarlos y por la chatarra oxidada en la que se convierten los automóviles viejos.

Se definen los residuos sólidos, comúnmente conocidos como basuras, como los materiales que se generan en actividades de producción, transformación y consumo de los residuos de la población que no poseen valor económico. Una composición típica de los residuos sólidos es la que se muestra en la siguiente gráfica (*grafica 1*) en la que se puede observar como la materia orgánica se encuentra en mayor proporción (38%) seguida del papel y el cartón (28%) y de los envases ligeros (13%).

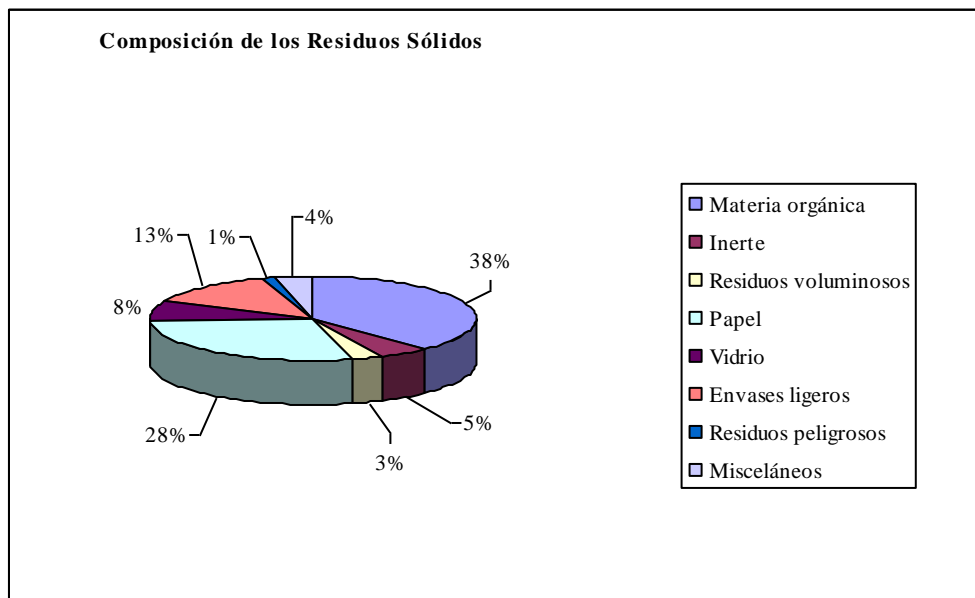


Grafico 1: Porcentaje de los Residuos Sólidos Generados

Los desechos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Estos últimos afectan el aire, el agua y la vida que nos rodea. Aunque hablamos de la “eliminación de la basura”, rara vez la eliminamos completamente. Por lo general, la trasladamos de un sitio a otro o la tapamos para no verla. Pero la basura sigue allí y finalmente pasa a formar parte del medio ambiente.

5.1.2 Clases de Basuras

<p>Municipal: Es la basura que se recolecta de los hogares, oficina, tiendas y restaurantes.</p>	
<p>Industrial: Es la que se produce en minas, centrales eléctricas, fábricas y otros centros industriales.</p>	
<p>Nuclear: Proviene de las centrales de energía nuclear, de fábricas, de bombas atómicas, de experimentos atómicos y de los reactores nucleares de buques de guerra y submarinos. En cantidades muy pequeñas, se recogen de fábricas, laboratorios de investigación y hospitales. Son radiactivos y nocivos</p>	 <p><small>Enciclopedia Encarta, AP/Wide World Photos/Katsumi Kasahara</small></p>

Tabla 1: Clases de Basuras

Tiempo atrás, los residuos sólidos domiciliarios no constituían un problema grave; la población no era tanta y la tierra podía asimilarlos. Con el constante desarrollo social hay una creciente producción de residuos y es tan vertiginosa, que impide, hasta el momento el tratamiento adecuado.

5.1.3 Los Residuos como problema y su tratamiento

Es de sobra conocido el hecho de que se producen diariamente ingentes cantidades de desperdicios, tanto en las ciudades como en las zonas rurales. Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos residuos son de carácter orgánico, es decir constituyen la biomasa residual, se puede llegar a comprender el hecho de que las grandes cantidades de residuos que no se aprovechan y contaminan el ambiente puedan constituir un enorme potencial para la producción de energía.

En líneas generales, si se considera de forma conjunta toda la actividad humana, se puede estimar aproximadamente que se producen unas 2 Toneladas de residuo de todo tipo por habitante al año, con un poder energético de unos 9000 Kwh/año, equivalente a unos 800 litros de gasolina. Por otro lado, y con respecto a las basuras urbanas, es de destacar que cerca de la mitad de su peso está constituido por materia orgánica y su producción media por habitante al año oscila entre los 600 y 800 Kg. con un valor energético de unos 2500 Kwh/año. Obsérvese que una familia media gasta al año en electricidad unos 3000 Kwh.

El tratamiento de los residuos, en general es una actividad costosa y tanto las instituciones públicas como las empresas privadas no han llevado a cabo esta labor con eficacia, bien por falta de una legislación adecuada o por carencia de

medios económicos. Todo ello contribuyendo, evidentemente al deterioro del medio ambiente en grandes zonas de muchos países.

5.1.4 Residuos Orgánicos e Inorgánicos

En lugar de hacer la distinción corriente de los residuos sólidos entre productos de alcantarillado y basura, puede hacerse otra distinción que dividiría a los mismos de otro modo: entre materiales orgánicos e inorgánicos. Los materiales orgánicos (alcantarillado, restos de comida, restos de plantas) sufren un proceso natural de putrefacción y descomposición y en su mayoría se descomponen rápidamente. Los desechos inorgánicos sin embargo, son mas estables y pueden eliminarse sin necesidad de tratamiento o mejor aun, recuperando y reciclando los materiales de valor potencial que contienen, sobre todo el aluminio y acero (de las latas) y el vidrio. Además, algunos materiales orgánicos, sobre todo el papel y en menor medida trapos viejos y huesos, pueden ser aprovechados en ese estado (aunque todos ellos pueden también descomponerse junto con los demás desperdicios orgánicos).

A continuación una tabla que resume los principales residuos y sus respectivos destinos

RECURSOS	PROCESO GENERADOR	RESIDUOS	DESTINO
Residuos Agrícolas	Podas de cultivos leñosos	Restos de podas, ramas, ramones.	Combustibles
	Restos de cultivos herbáceos, industriales (algodón, tabaco, etc).	Plantas verdes, tallos, otros restos.	Alimentación animal, combustibles y fertilizantes.



	Cereales (trigo, cebada, maíz, sorgo)	Pajas, tallos, surcos, cascarillas.	Alimentación animal, camas de ganado y combustibles
Residuos forestales	Tratamientos selvícolas	Pies no maderables, ramas, matorrales.	Combustible
	Cortas de pies maderables.	Copas, ramas, etc.	Combustibles, industrias de la madera.
Residuos de Industrias Agrícolas y Agroalimentarias	Fabricación de aceite de oliva	Orujo graso, alpechines y alperujo	Extracción de aceites
	Extracción de aceite de orujo.	Orejillo, oleinas.	Combustible, alimentación animal.
	Extracción de aceite de semillas.	Cáscaras, tortas agotadas.	Combustibles, alimentación animal
	Sacrificio de ganado.	Sebos, recortes de piel.	Materias primas y otras industrias.
	Preparación de arroz.	Cascarilla, cilindro.	Combustible y alimentación animal.
	Fabricación de azúcar.	Melazas, bagazos, lodos de depuradora, pulpa agotada.	Alimentación animal y generación de biogás combustible.
	Elaboración de frutos secos.	Cáscaras, pieles.	Combustible, extracción de aceites y esencias.
	Industria vinícola	Raspones, orujos y viñazas.	Destilación del alcohol, combustión.
	Fabricación de alcoholes etílicos.	Granilla, hollejo, orejillo y viñazas.	Alimentación animal, generación de biogás.
	Fabricación de conservas animales.	Residuos frescos.	Materias primas para otras industrias, generación de biogás.
Fabricación de conservas vegetales.	Residuos frescos, huesos, semillas y pieles.	Materias primas para otras industrias, alimentación animal, combustibles, extracción de aceites y esencias.	

	Elaboración de cerveza y malta.	Bagazo, lodos de depuración.	Alimentación animal, generación de biogás.
	Industrias del café.	Marros, cascarilla.	Combustibles.
	Preparación del algodón.	Semillas, restos de desmotado.	Alimentación animal y combustible.

Tabla 2: Los residuos y su destino

5.1.5 Descomposición Aerobia y Anaerobia

Los materiales orgánicos pueden descomponerse de dos formas, aeróbicamente (con oxígeno) y anaerobicamente (sin oxígeno). La diferencia se debe a la actividad de diferentes tipos de bacterias que son agentes principales de descomposición, algunos de los cuales se nutren con oxígeno y otros no. Por norma general, “composting” sobre todo en el sentido que tendría en la jardinería, significa específicamente descomposición aerobia, en la que los desperdicios se amontonan en recipientes abiertos o al aire abierto y se remueven de vez en cuando para que el aire penetre por todas partes. La descomposición aerobia genera calor y todo el proceso se realiza a temperaturas mayores que las de la descomposición anaerobia. Los procesos anaerobios también se caracterizan por la emisión de malos olores que no se producen en la descomposición aerobia normal. Sin embargo, el término “composting” puede aplicarse indistintamente a la descomposición aerobia y anaerobia y de hecho siempre habrá cierta descomposición anaerobia, incluso al aire libre en la que la mayoría es aerobia, en el centro de las pilas de desperdicios y en partes donde el aire no entra bien.

La descomposición aerobia se produce naturalmente en la descomposición de restos de animales depositados en la tierra, hojas y ramas secas, plantas muertas y cuerpo de animales muertos. El producto de esta descomposición es el humus, un material negrozco o de color oscuro cuyos principales constituyentes de valor

fertilizante son compuestos de nitrógeno fósforo y potasio; junto con gases, amoniaco y dióxido de carbono que se arrojan a la atmósfera. Los productos sólidos resultantes son respectivamente estiércol y turba y en ambos casos los productos gaseosos consisten en una mezcla de metano y dióxido de carbono junto con pequeñas cantidades de sulfhídrico que es la causa de olor a podrido característico.

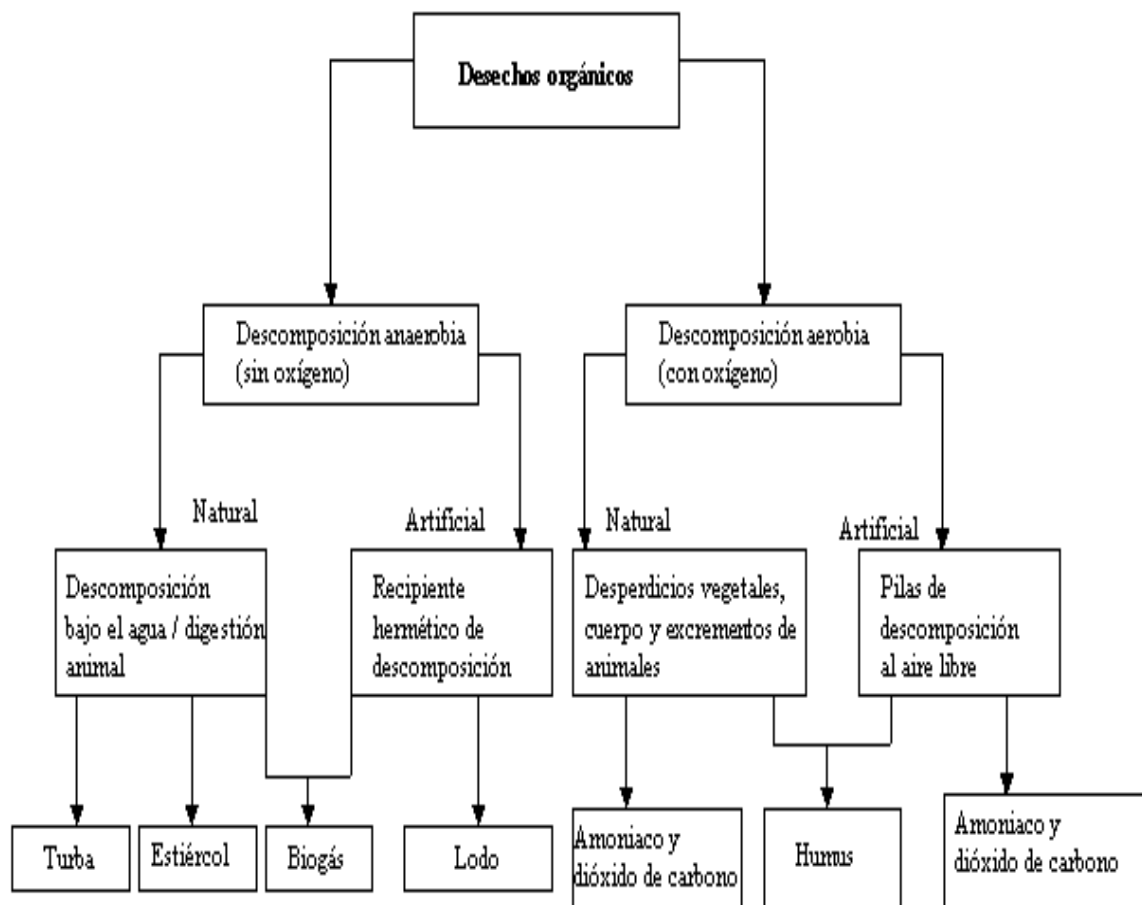


Diagrama 1: Productos finales de la descomposición orgánica*

Diagrama 1: * Extraído de New Alchemy intitute West. Methane Digester for fuel Gas and Fertilizer

5.2. BIOMASA

5.2.1 Definición y tipos de Biomasa

De forma genérica, se entiende por biomasa la materia orgánica originada por un proceso biológico. Desde un punto de vista energético, que es aquí el que nos interesa se entiende por biomasa el **conjunto de sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o procedentes de cualquier transformación de las mismas, considerando tanto las que se producen de forma natural como artificial**. La formación o transformación de la materia orgánica, ha de ser reciente, lo que excluye el término a los combustibles fósiles, cuya formación tuvo lugar hace millones de años, así como todos los productos agrícolas que sirvan para alimentación del hombre o de los animales domésticos.

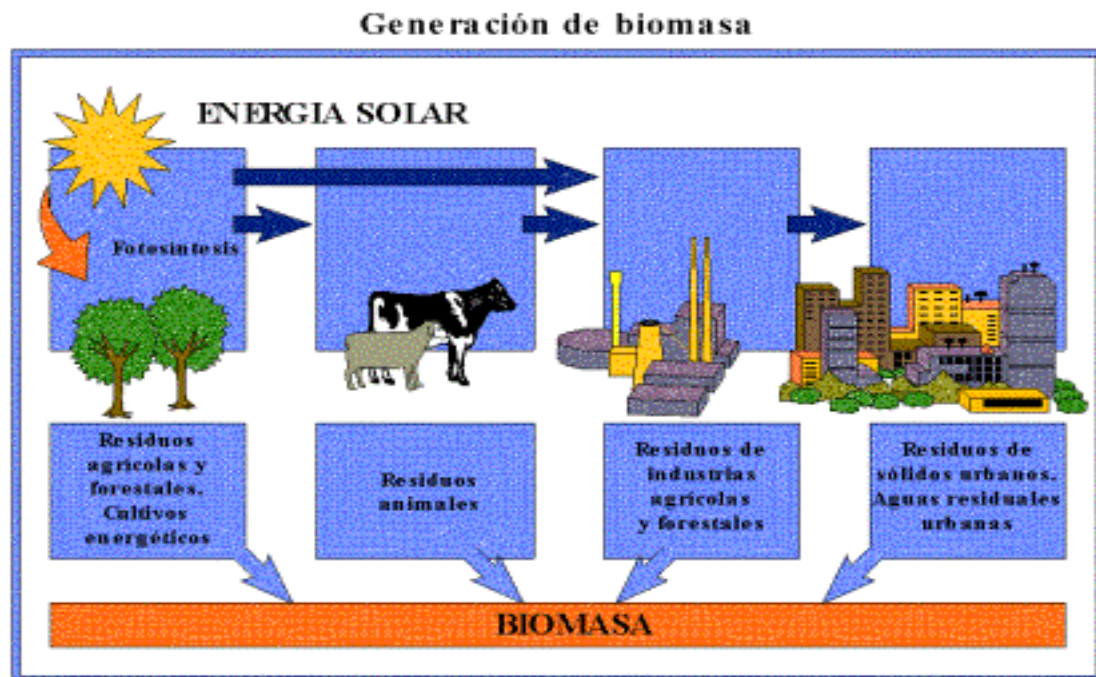


Figura 1: Proceso de Generación de Biomasa

La formación de materia viva o biomasa a partir de la luz solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis, gracias al cual se producen grandes moléculas de alto contenido energético (en forma de energía química), cuyo costo de almacenamiento es nulo.

A pesar de que el rendimiento termodinámico de la fotosíntesis es particularmente bajo, la operación resulta muy importante, debido a la gratuidad de la energía solar y a la utilidad

de los productos finales (principalmente alimentos). El proceso se puede representar bajo la siguiente ecuación:



Los componentes principales de la biomasa son los hidratos de carbono, lípidos y proteínas, encontrándose en una proporción variable según la naturaleza de la misma. Así, en los vegetales predominan los hidratos de carbono, principalmente con forma de compuestos lignocelulósicos ó amiláceos, mientras que en la biomasa animal hay una disminución considerable de hidratos de carbono y un aumento de contenido en proteínas y lípidos.

Según la forma en que se presenten prioritariamente los hidratos de carbono, la biomasa se clasifica en tres grupos:

- a. **Biomasa lignocelulósica:** En la que predominan la celulosa y la lignina.
- b. **Biomasa amilácea:** En las que los hidratos de carbono se encuentran principalmente en forma de polisacáridos, tales como almidón o inulina.

- c. Biomasa azucarada:** En la que los componentes hidrocarbonados son principalmente azúcares, ya sean monosacáridos como la glucosa o fructuosa o bien disacáridos como la sacarosa.

El concepto moderno de la utilización de la biomasa con fines energéticos implica la aplicación de conocimientos científicos y técnicos actuales para primero captar y acumular la energía solar a través de la fotosíntesis y después utilizar procesos industriales que sean capaces de transformar la energía de la biomasa en forma económica.

Según el contenido hídrico podemos clasificar la biomasa en dos grandes grupos:

- a. Biomasa seca:** Aquella que tiene un contenido de humedad bajo, menor del 12%.
- b. Biomasa húmeda o semi - húmeda:** Si el contenido en humedad es alto, superior al 12%.

Según su empleo para generar energía, se clasifican en tres grandes grupos:

- a. Biomasa natural:** Este tipo de biomasa se produce en la naturaleza, sin intervención humana, en bosques, matorrales, etc,. Se trata de un recurso que no debe ser utilizado masivamente con fines energéticos, ya que podría llevar a la destrucción de los ecosistemas naturales. Este recurso constituye principal fuente energética de los pueblos y países en vía de desarrollo.

- b. Biomasa residual:** Se considera biomasa residual a la generada en cualquier actividad humana, destacando los subproductos de las industrias forestales, agrícolas, ganaderas,. Papeleras, alimenticias, etc,. Se engloban también en este grupo los residuos sólidos urbanos, lodos de papeleras, aguas residuales, etc. Este tipo de biomasa presenta la ventaja de que además de ser un residuo que pueda aprovecharse energéticamente, contribuye a la descontaminación de las zonas en la que se producen. En muchas ocasiones, las instalaciones que aprovechan sus propios residuos pueden llegar a ser energéticamente autosuficientes, tal es el caso de las industrias papeleras, industrias de la madera, granjas, etc.
- c. Cultivos energéticos:** Este tipo de biomasa se produce exclusivamente con fin de ser transformada en energía. Se trata de una alternativa aún muy reciente que está experimentando un gran auge. Los cultivos energéticos se caracterizan por tener alta productividad, requiere pocos cuidados y presentar un poder calorífico atractivo. Pueden ser de tipos herbáceos o leñosos. En algunos países como Brasil la producción de caña de azúcar se enfoca hacia la obtención de etanol para automoción.

5.2.2 Ventajas de la Introducción de la biomasa como fuente de Energía

Aunque la energía de la biomasa ha sido aprovechada desde que el hombre descubrió el fuego, la consideración actual de la biomasa como una fuente de energía limpia se hace bajo nuevos criterios y enfoques.

- a. El balance de CO₂ emitido es neutro. La combustión de biomasa, si se realiza en condiciones adecuadas, produce agua y CO₂ , pero la cantidad emitida de este último gas, principal responsable del efecto invernadero, fue

captada por las plantas durante su crecimiento. Es decir, el CO₂ de la biomasa viva forma parte de un flujo de circulación continuo entre la atmósfera y la vegetación, sin que suponga incremento de ese gas en la atmósfera con tal que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada.

- b. No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni partículas sólidas.
- c. Una parte de la biomasa para fines energéticos procede de materiales residuales que es necesario eliminar. El aprovechamiento energético supone convertir un residuo en un recurso.
- d. Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- e. La producción de biomasa es totalmente descentralizada, basada en un recurso disperso en el territorio, que puede tener gran incidencia social y económica en el mundo rural.
- f. Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- g. La tecnología para su aprovechamiento cuenta con un buen grado de desarrollo tecnológico para muchas aplicaciones. Las respuestas tecnológicas en curso están dirigidas a optimizar el rendimiento energético del recurso, minimizar los efectos ambientales de los residuos aprovechados y de las propias aplicaciones, incrementar la competitividad comercial de los productos y posibilitar nuevas aplicaciones de gran interés como los biocombustibles, entre otros.

5.2.3 Procesos de conversión

Antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización.

A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad.

Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la dendro-energía y la cogeneración.

A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- Procesos de combustión directa
- Procesos termo-químicos
- Procesos bio-químicos

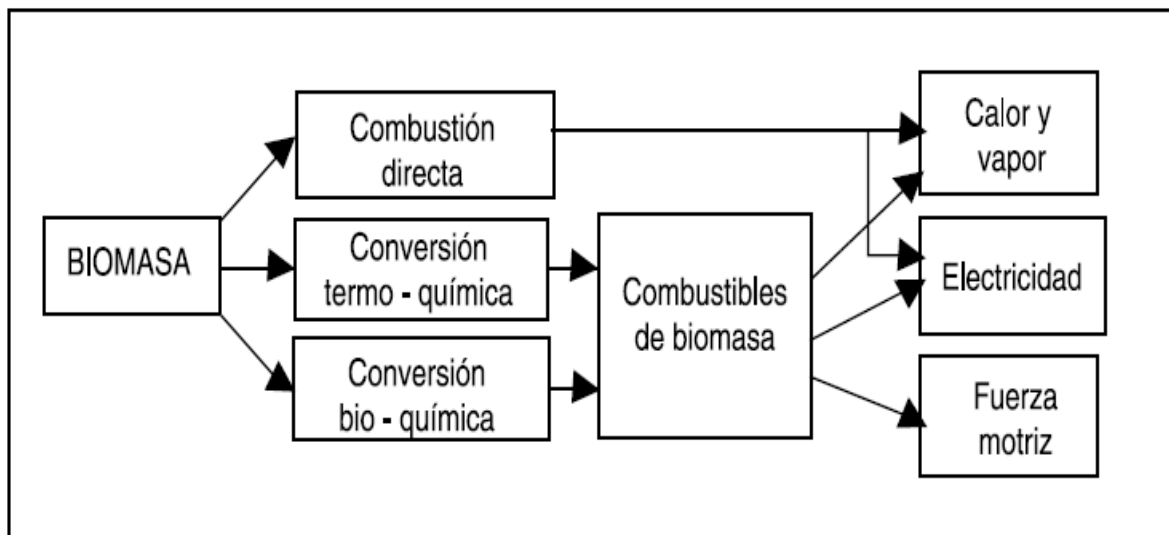


Diagrama 2: Procesos de Conversión de la Biomasa

5.2.3.1 Procesos de combustión directa

Esta es la forma más antigua y más común, hasta hoy, para extraer la energía de la biomasa. Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas. Además, éste se puede aprovechar en la producción de vapor para procesos industriales y electricidad. Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.

Los procesos tradicionales de este tipo, generalmente, son muy ineficientes porque mucha de la energía liberada se desperdicia y pueden causar contaminación cuando no se realizan bajo condiciones controladas. Estos resultados se podrían disminuir considerablemente con prácticas mejoradas de operación y un diseño adecuado del equipo. Por ejemplo, secar la biomasa antes de utilizarla reduce la cantidad de energía perdida por la evaporación del agua y para procesos industriales, usar pequeños pedazos de leña y atender continuamente el fuego supliendo pequeñas cantidades resulta en una combustión más completa y, en consecuencia, en mayor eficiencia. Asimismo, equipos como los hornos se pueden mejorar con la regulación de la entrada del aire para lograr una combustión más completa y con aislamiento para minimizar las pérdidas de calor.

5.2.3.2 Procesos Termo-químicos

Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su

utilización y transporte. Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas, sin hacerlo completamente, su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad. Dependiendo de la tecnología, el producto final es un combustible sólido, gaseoso, o combustible líquido. El proceso básico se llama pirolisis o carbonización e incluye:

• Producción de carbón vegetal:

Este proceso es la forma más común de la conversión termo-química de temperatura mediana. La biomasa se quema con una disponibilidad restringida de aire, lo cual impide que la combustión sea completa. El residuo sólido se usa como carbón vegetal, el cual tiene mayor densidad energética que la biomasa original, no produce humo y es ideal para uso doméstico. Usualmente, este carbón es producido de la madera, pero también se usan otras fuentes como cáscara de coco y algunos residuos agrícolas. La forma más antigua, y probablemente aún la más empleada para producirlo, son los hornos de tierra y los de mampostería. El primero es una excavación en el terreno en la que se coloca la biomasa, la cual es luego cubierta con tierra y vegetación para prevenir la combustión completa. Los segundos son construidos de tierra, arcilla y ladrillo. Los hornos modernos son conocidos como retortas y fabricados en acero; conllevan cierta complejidad por su diseño y operación, lo que incrementa considerablemente los costos de inversión en comparación con los tradicionales, pero eleva su eficiencia y capacidad de producción, así como la calidad del producto.

• Gasificación:

Tipo de pirolisis en la que se utiliza una mayor proporción de oxígeno a mayores temperaturas, con el objetivo de optimizar la producción del llamado “gas pobre”,

constituido por una mezcla de monóxido de carbono, hidrógeno y metano, con proporciones menores de dióxido de carbono y nitrógeno.

Este se puede utilizar para generar calor y electricidad, y se puede aplicar en equipos convencionales, como los motores de diesel. La composición y el valor calorífico del gas dependen de la biomasa utilizada, como por ejemplo: madera, cascarilla de arroz, o cáscara de coco. Existen diferentes tecnologías de gasificación y su aplicación depende de la materia prima y de la escala del sistema.

5.2.3.3 Procesos Bioquímicos

Estos procesos utilizan las características bio-químicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiales para producir combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termo-químicos. Los más importantes son:

• Digestión anaeróbica:

La digestión de biomasa humedecida por bacterias en un ambiente sin oxígeno (anaeróbico) produce un gas combustible llamado biogás. En el proceso, se coloca la biomasa (generalmente desechos de animales) en un contenedor cerrado (el digestor) y allí se deja fermentar; después de unos días, dependiendo de la temperatura del ambiente, se habrá producido un gas, que es una mezcla de metano y dióxido de carbono. La materia remanente dentro del digestor es un buen fertilizante orgánico. Los digestores han sido promovidos fuertemente en China e India para usos domésticos en sustitución de la leña.

• Combustibles alcohólicos:

De la biomasa se pueden producir combustibles líquidos como etanol y metanol. El primero se produce por medio de la fermentación de azúcares y, el segundo por la destilación destructiva de madera. Esta tecnología se ha utilizado durante siglos para la producción de licores y, más recientemente, para generar sustitutos de combustibles fósiles para

transporte, particularmente en Brasil. Estos combustibles se pueden utilizar en forma pura o mezclados con otros, para transporte o para la propulsión de máquinas.

• Biodiesel:

A diferencia del etanol, que es un alcohol, el biodiesel se compone de ácidos grasos y ésteres alcalinos, obtenidos de aceites vegetales, grasa animal y grasas recicladas. A partir de un proceso llamado “transesterificación”, los aceites derivados orgánicamente se combinan con alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos como el etil o metilo éster. Estos pueden ser mezclados con diesel o usados directamente como combustibles en motores comunes. El biodiesel es utilizado, típicamente, como aditivo del diesel en proporción del 20%, aunque otras cantidades también sirven, dependiendo del costo del combustible base y de los beneficios esperados. Su gran ventaja es reducir considerablemente las emisiones, el humo negro y el olor.

• Gas de rellenos sanitarios:

Se puede producir un gas combustible de la fermentación de los desechos sólidos urbanos en los rellenos sanitarios. Este es una mezcla de metano y dióxido de

carbono. La fermentación de los desechos y la producción de gas es un proceso natural y común en los rellenos sanitarios; sin embargo, generalmente este gas no es aprovechado. Además de producir energía, su exploración y utilización reduce la contaminación y el riesgo de explosiones en estos lugares y disminuye la cantidad de gases de efecto invernadero.

En la *Tabla 3* se muestra una distribución de los procesos de conversión aplicables, de acuerdo con las características y el tipo de biomasa, así como los posibles usos finales de la energía convertida:

Tipo de biomasa	Características físicas	Procesos de conversión aplicables	Producto final	Usos
Materiales orgánicos de alto contenido de humedad,	Estiércoles. Residuos de alimentos. Efluentes industriales. Residuos urbanos,	Digestión anaeróbica y fermentación alcohólica.	Biogas. Metanol. Etanol. Bio diesel.	Motores de combustión. Turbinas de gas. Hornos y calderas. Estufas domésticas.
Materiales lignocelulósicos (cultivos energéticos, residuos forestales de cosechas y urbanos).	Polvo Astillas Pellets Briquetas Leños Carbón vegetal	Densificación Combustión directa Pirólisis Gasificación	Calor, Gas pobre Hidrógeno Biodiesel	Estufas domésticas Hornos y calderas Motores de combustión Turbinas de gas

Tabla 3: Tipo de Conversión y Usos de la Biomasa

5.3 CALIDAD

El concepto de calidad se ha dado desde que el primer hombre comienza a vivir. En ese entonces no se le daba una definición con palabras precisas, sino más bien era subjetiva la manera en que se percibía la calidad. Ya que en ese momento, el hombre carecía de estudios que le ayudaran a darle una definición como la que ahora se maneja. Pero aun así el hombre buscaba la calidad en cada actividad que realizaba.

Encontramos dos conceptos de calidad, el conocido tradicionalmente y el concepto moderno.

El concepto tradicional nos habla de la calidad como el cumplimiento de una norma, sin tomar en cuenta la demanda de dicho producto, en este concepto la oferta supera a la demanda, desarrollándose en una economía cerrada. Siendo el consumidor quien debe adaptarse al producto, y no el producto a las necesidades del consumidor.

Sin embargo el concepto se ha ido transformando con el paso del tiempo de acuerdo a las exigencias del propio mercado. Dando así un nuevo concepto sobre la calidad, donde el producto o servicio se diseña en función de los requerimientos y necesidades del consumidor, tomando en cuenta también conceptos como, el precio, el tiempo, etc.

El enfoque de calidad ha estado presente en todos estos cambios apoyando a las empresas en el establecimiento de programas de mejoramiento continuo; sin embargo, en la época actual y en el futuro, las organizaciones tendrán que lograr no solo la satisfacción a algún interés del consumidor sino también que se realicen

cambios estructural y culturalmente, entre el sistema organizacional y los principios de calidad total.

5.3.1 Conceptos de Calidad

La palabra calidad designa el conjunto de atributos o propiedades de un objeto que nos permite emitir un juicio de valor acerca de él; en este sentido se habla de la nula, poca, buena o excelente calidad de un objeto.

Cuando se dice que algo tiene calidad, se designa un juicio positivo con respecto a las características del objeto, el significado del vocablo calidad en este caso pasa a ser equivalente al significado de los términos de excelencia o perfección.

De acuerdo a estas exigencias el concepto de calidad engloba tres características básicas:

- Calidad de Diseño.
- Calidad de Conformancia.
- Calidad de Vida del Trabajador.

Y la suma de estos da como resultado la “**Calidad Total**”

Pero para su mejor comprensión definiremos cada uno de los conceptos que engloba la “Calidad Total”

5.3.1.1 Calidad de Diseño:

Aquí se determina que producto y/o servicio producir y como hacerlo. Así como los materiales que se utilizaran en su realización y los procedimientos para realizarlos. La calidad de diseño es básicamente la adecuación del producto y/o servicio a las necesidades y requerimientos del consumidor.

Básicamente la calidad de diseño es una planeación a conciencia del producto y/o servicio que pensamos ofrecer a la comunidad. Deberán tomarse en cuenta cinco puntos claves para que se dé dicha calidad de diseño.

1. Segmentar el mercado para identificar el nicho o nichos de mercado al que habremos de dirigirnos.
2. Realizar la adecuada y completa investigación de mercado para cada nicho al que nos dirigiremos.
3. Adecuar el producto o servicio de acuerdo a las necesidades, gustos y preferencias detectadas en la investigación de mercado.
4. Definir los métodos de producción a utilizar.
5. Equipar a la organización con los elementos necesarios para la producción del producto o servicio, así como los cursos de capacitación para el personal.

5.3.1.2 Calidad de Conformancia:

Esto se refiere básicamente al grado en que el producto o servicio cumple con los estándares o normas establecidas de calidad. En este concepto la frase de “hacer las cosas bien a la primera vez” queda perfectamente, ya que esta calidad de conformancia se enfoca a la manera de hacer las cosas; con los materiales correctos, maquinaria y equipo en buen estado, personal capacitado y motivado, etc.

5.3.1.3 Calidad de Vida del Trabajador:

Tenemos que darle a los trabajadores de todos los niveles un clima organizacional óptimo, ya que de eso depende el buen desempeño de los trabajadores.

Para que se de un agradable clima organizacional, debe de contarse un líder que asesore a los trabajadores, pero debe tenerse muchísimo cuidado de que este líder no se convierta en un capataz que ordene y haga sentir a los trabajadores que no se les tiene confianza, ya que esto afectaría el nivel de desempeño de los trabajadores; puesto que sentirán limitada su capacidad para tomar decisiones y hasta pueden perder el gusto y la entrega por su trabajo.

5.3.2 Autores de la Gestión de Calidad

Como mencionamos anteriormente, la calidad es un tema de reciente desarrollo, ahora ya no se puede hablar de hacer las cosas bien sino mantener un nivel de calidad adecuado durante la realización de un producto o servicio. Existen diferentes definiciones de calidad, el uso de cada una depende del área en que se este trabajando. Anteriormente se creía que la calidad era demasiada costosa y por eso influía en las ganancias producidas por la empresa. Ahora se sabe que el buscar la calidad resulta en una baja en los costos de las empresas y una mayor ganancia. Se ha discutido mucho la definición de calidad, pero los pensadores que más han sobresalido en el tema son los que presentaremos a continuación.

5.3.2.1 Dr. Joseph M. Juran

5.3.2.1a La Calidad para Joseph Juran

Calidad según Juran tiene múltiples significados; dos de esos significados son críticos, no solo para planificar la calidad sino también planificar la estrategia empresarial.

Calidad: Se refiere a la ausencia de deficiencias que adopta la forma de: Retraso en las entregas, fallos durante los servicios, facturas incorrectas, cancelación de contratos de ventas, etc.

Calidad es " adecuación al uso".

5.3.2.1b La Misión de Juran y la planificación para la calidad

- Crear la conciencia de la crisis de la calidad, el papel de la planificación de la calidad en esa crisis y la necesidad de revisar el enfoque de la planificación de la calidad.
- Establecer un nuevo enfoque de la planificación de la calidad.
- Suministrar formación sobre como planificar la calidad, utilizando el nuevo enfoque.
- Asistir al personal de la empresa para replanificar aquellos procesos insistentes que poseen deficiencias de calidad inaceptables (caminar por toda la empresa). Asistir al personal de la empresa para dominar el proceso de planificación de la calidad, dominio derivado de la replanificación de los procesos existentes y de la formación correspondiente.
- Asistir al personal de la empresa para utilizar el dominio resultante en la planificación de la calidad de forma que se evite la creación de problemas crónicos nuevos.

5.3.2.1c La Trilogía de Juran

La planificación de la calidad es uno de los tres procesos básicos de gestión por medio de los cuales gestionamos la calidad. Los tres procesos (la trilogía de Juran) están interrelacionados.

El mejoramiento de la calidad se compone de tres tipos de acciones, según Juran:

- Control de calidad.
- Mejora de nivel o cambio significativo.
- Planeación de la calidad.

El Diagrama de la Trilogía de Juran



Diagrama 3: La Trilogía de Juran

Cuando ya existe un proceso se empieza con acciones de control y cuando el proceso es nuevo, con las de planeación.

- *Acciones de control:* Para poder mejorar un proceso necesitamos primero tenerlo bajo control.
Los procesos que no están bajo control pueden presentar influencias de causas especiales de variación, y sus efectos son tan grandes que no nos permiten ver las partes del proceso que se deben cambiar.
- *Acciones de mejora de nivel:* Estas van encaminadas a cambiar el proceso para que nos permita alcanzar mejores niveles promedio de calidad, y para esto se deben de atacar las causas comunes más importantes.

- *Acciones de planeación de calidad:* aquí se trabaja para integrar todos los cambios y nuevos diseños de forma permanente a la operación que normalmente llevamos del proceso, pero siempre buscando asegurar no perder lo ganado. Estos cambios pueden ser para satisfacer los nuevos requerimientos que haga el mercado.

Para poder lograr un cambio verdaderamente significativo y de un control a otro desde el fondo hay que resolver problemas crónicos. La tabla que sigue muestra algunos ejemplos:

Procesos de la Trilogía
Planificación de la Calidad
Control de Calidad
Mejora la Calidad

Tabla 4: Procesos de la Trilogía de Juran

La Adecuación al Uso implica todas las características de un producto que el usuario reconoce que lo van a beneficiar. Esta adecuación siempre será determinada por el usuario o comprador, y nunca por el vendedor, o el fabricante.

La Calidad de Diseño nos asegura que el producto va a satisfacer las necesidades del usuario y que su diseño contemple el uso que le va a dar. Para poder hacer esto, primero se tiene que llevar a cabo una completa investigación del mercado, para definir las características del producto y las necesidades del cliente.

La Calidad de Conformancia esta tiene que ver con el grado en que el producto o servicio se apegue a las características planeadas y que se cumplan las especificaciones de proceso y de diseño. Para poder lograr esto, debe contarse con la tecnología, administración y mano de obra adecuada.

La Disponibilidad es otro factor de la adecuación de la calidad al uso, este se define durante el uso del producto, y tiene que ver con el desempeño que tenga y su vida útil. Si usamos un artículo y falla a la semana entonces este no será disponible aunque hubiera sido la mejor opción en el momento de la compra. El artículo debe de servir de manera continua al usuario.

El Servicio Técnico por ultimo este define la parte de la calidad que tiene que ver con el factor humano de la compañía. El servicio de soporte técnico, debe estar ampliamente capacitado y actuar de manera inmediata para poder causar al cliente la sensación de que esta en buenas manos.

Finalmente para Juran, la Calidad Total se refiere a estar en forma para el uso, desde los puntos de vista estructurales, sensoriales, orientados en el tiempo, comerciales y éticos con base en parámetros de calidad de diseño, calidad de cumplimiento, de habilidad, seguridad del producto y servicio en el campo.

5.3.2.2. Dr. Genichi Taguchi

Su contribución más importante ha sido la combinación de métodos estadísticos y de ingeniería para conseguir rápidas mejoras en costes y calidad mediante la optimización del diseño de los productos y sus procesos de fabricación. El Dr. Taguchi nos ha proporcionado la Función de Pérdida y la Relación Señal / ruido,

que evalúan la funcionalidad del producto durante las etapas tempranas de su desarrollo, cuando aún tenemos tiempo de realizar mejoras al mínimo coste.

Además de la rápida mejora del diseño de productos y procesos, los métodos del Dr. Taguchi proporcionan un lenguaje común y un enfoque que mejora la integración del diseño del producto y los procesos de fabricación. La formación de ingenieros de diseño y de personal de fabricación en estos métodos proporciona perspectivas y objetivos comunes (un gran paso adelante para derribar las tradicionales barreras entre estos dos grupos).

5.3.2.2a El Pensamiento de Taguchi

El pensamiento de Taguchi, se basa en dos conceptos fundamentales:

1. Productos atractivos al cliente.
2. Ofrecer mejores productos que la competencia:

“Los productos deben ser mejores que los de la competencia en cuanto a diseño y precio”

Estos conceptos se concretan en los siguientes puntos:

- ✓ **Función de pérdida:** La calidad se debe definir en forma monetaria por medio de la función de pérdida, donde a mayor variación de una especificación con respecto al valor nominal, mayor es la pérdida monetaria transferida al consumidor.
- ✓ **Mejora continua:** la mejora continua del proceso productivo y la reducción de la variabilidad son indispensables para subsistir en la actualidad.

- ✓ **La mejora continua y la variabilidad:** La mejora continúa del proceso esta íntimamente relacionada con la reducción de la variabilidad con respecto al valor objetivo. La variabilidad puede cuantificarse en términos monetarios.
- ✓ **Diseño del producto:** Se genera la calidad y se determina el costo final del producto. Optimización del diseño del producto y optimización del diseño del proceso.

Además, desarrollo una metodología que denomino ingeniería de la calidad que divide en línea y fuera de línea.

- ✓ **Ingeniería de calidad en línea:** son actividades de ingeniería de calidad en línea, el área de manufactura, el control y la corrección de procesos, así como el mantenimiento preventivo.
- ✓ **Ingeniería de calidad fuera de línea:** se encarga de la optimización del diseño de productos y procesos.

5.3.2.2b El Control de Calidad desde la Etapa del Diseño del Producto

Desarrollo sus propios métodos estadísticos al trabajar en una compañía de teléfonos, lo aplicó al incremento de la productividad y calidad en la industria.

Aportación de Taguchi.

Creó el concepto de “diseño robusto”, este excedía sus expectativas de calidad, para así lograr la satisfacción del cliente.

Diseño Robusto

Cada vez que se diseña un producto, se hace pensando en que va a cumplir con las necesidades de los clientes, pero siempre dentro de un cierto estándar, a esto se le llama “calidad aceptable”, y así cuando el cliente no tiene otra opción mas que comprar, pues a la empresa le sale mas barato reponer algunos artículos defectuosos, que no producirlos. Pero no siempre será así, por que en un tiempo la gente desconfiara de la empresa y se irán alejando los clientes.

El tipo de diseño que Taguchi propone es que se haga mayor énfasis en las necesidades que le interesan al consumidor y que a su vez, se ahorre dinero en las que no le interesen, así rebasara las expectativas que el cliente tiene del producto. Asegura que es más económico hacer un diseño robusto que pagar los controles de calidad y reponer las fallas.

Al hacer un diseño robusto de determinado producto maximizamos la posibilidad de éxito en el mercado. Y aunque esta estrategia parece costosa, en realidad no lo es, por que a la vez que gastamos en excedernos en las características que de verdad le interesan al consumidor, ahorramos en las que no les dan importancia.

Función de perdida de Taguchi

Con esto, Taguchi trató de orientar a los productores a que redujeran las variaciones en la calidad. Para poder recuperar esta perdida, se utiliza una ecuación cuadrática que se ajusta a los datos de costos y desempeño del producto. Conforme el desempeño del producto se vaya alejando la ecuación va aumentando de valor y se incrementa el costo de calidad para la sociedad.

5.4. EL DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD QFD

5.4.1 Surgimiento del QFD

El despliegue funcional de la calidad o QFD (Quality Functional Deployment) surgió en Japón a finales de los años 60 aún cuando se conoció a inicios de los años 70 y es usado actualmente por la mayoría de las compañías Japonesas.

El origen de la metodología QFD se debe a varios factores que influyeron para que un grupo de científicos japoneses creara una herramienta que vino a revolucionar las formas en que se diseñan los productos, a partir de las necesidades de los clientes.

Ello se debe a que su esencia misma surge de las habilidades creativas del individuo y no de su capacidad para cumplir al pie de la letra una metodología.

Lo anterior significa, que aun cuando exista una metodología general y un formato que se ha buscado estandarizar en el ámbito mundial, un grupo de usuarios de QFD puede adecuar esta herramienta hasta ajustarla a las necesidades específicas de cualquier tipo de empresa.

Como mencionamos anteriormente sus orígenes se remontan a los finales de la década de los sesentas en el país oriental de Japón, cuando la empresa Mitsubishi Heavy Industries decidió expandir y consolidar su presencia internacional al industrializar buques de gran calado en sus muelles de la Ciudad de Kobe, Japón. En esa época, esta compañía pidió ayuda al gobierno japonés

para desarrollar una logística que le permitiera construir complejos buques de carga cuya longitud podía exceder fácilmente tres campos de fútbol¹⁰.

Así, el gobierno japonés contrató a varios profesores universitarios, a fin de crear un sistema que permitiera asegurar que cada una de las fases del proceso de construcción estuviera vinculada con un requerimiento del consumidor específico. De aquí nació, lo que hoy se conoce como la función de despliegue de calidad QFD.

Esta eficaz herramienta fue usada posteriormente con éxito en otras empresas japonesas, siendo Toyota la compañía que la dió a conocer a escala internacional por los sorprendentes resultados obtenidos.

No fue sino hasta mediados de la década de los ochenta cuando el Dr. Donald Clausing introdujo esta herramienta en Estados Unidos, en la Corporación Xerox; de allí se ha extendido rápidamente por toda la Unión Americana y llegó a México a través de compañías transnacionales como Ford Motor Company, ubicada en Hermosillo, Sonora.

Su uso, más que estratégico, se ha convertido en casi obligatorio, para todas aquellas empresas que deseen participar con éxito en premios internacionales de calidad como el Malcolm Baldrige Award en Estados Unidos o su equivalente mexicano, el Premio Nacional de Calidad.

5.4.2 QFD: Concepto y Características

La característica esencial del QFD es la de ser una herramienta de la calidad que actúa en la etapa de diseño del producto y su desarrollo.

¹⁰ AKAO, 1990

El despliegue funcional de la calidad o QFD (Quality Functional Deployment) es un método para desarrollar una calidad de diseño enfocada a satisfacer al consumidor, de forma que se conviertan los requerimientos del consumidor en objetivos de diseño y elementos esenciales de aseguramiento de la calidad a través de la fase de producción, por lo que podemos afirmar que el despliegue de funciones de calidad, es un modo de asegurar la calidad mientras el producto está en la fase de diseño.

El doctor Shigeru Mizuno define el despliegue de funciones de calidad como el despliegue paso a paso con el mayor detalle de las funciones u operaciones que conforman sistemáticamente la calidad y con procedimientos objetivos mas bien que subjetivos. Por tanto, el sistema de calidad del doctor Feigenbaum puede basarse en el despliegue de funciones de calidad.

Cuando desarrollamos un sistema de calidad debemos analizar y entender la calidad en si mismas, para lo cual es necesario hacer un despliegue de todas sus funciones, conjugándolo con las herramientas adecuadas que se tienen al alcance.

Así pues, podemos definir el despliegue de funciones de calidad como la conversión de las demandas de los consumidores en características de calidad y el desarrollo de una calidad de diseño para el producto acabado mediante el despliegue sistemático de relaciones entre demandas y características, comenzando con la calidad de cada componente funcional y extendiendo el despliegue de la calidad a cada parte del proceso. La calidad global del producto se formará a través de la red de la relaciones.

5.4.3 Metodología

Típicamente, un sistema completo de QFD esta compuesto por cuatro fases que despliegan las necesidades del cliente a través de procesos de planeación. Cada “Datos de Salida” importante de cada fase (COMO’s) generados por los “Datos de Entrada” de cada fase (QUE’s), se convierten en los datos de entrada de la siguiente fase.

Cada fase es entonces representada por una matriz de “datos de entrada” – “datos de salida” o QUE – COMO, la cual es fácil de entender y conveniente de tratar en la práctica.

La primera fase del QFD es conocida como la “Casa de la Calidad” (HOQ = House de Quality). El propósito de esta primera fase es el de transformar las necesidades del cliente a especificaciones del diseño del producto (en términos de QFD; las medidas Técnicas). Las estructuras y métodos de análisis para las tres matrices son parecidas¹¹.

En la matriz HOQ hay dos conjuntos de puntuación importantes a ser asignados. Uno es para las necesidades del cliente y el otro es para las medidas técnicas del producto. Estos conjuntos de puntuaciones proveen las puntuaciones de importancia relativa para los conjuntos de variables de las necesidades del cliente y medidas técnicas del producto.

Las aplicaciones tradicionales de HOQ usan normalmente métodos simples e intuitivos para obtener dichas puntuaciones. Sin embargo, existen nuevas técnicas, tales como la técnica para el orden de preferencia por similitud a la

¹¹ AKAO, J. Despliegue Funcional de la Calidad. Editorial Productivity. Madrid, 1993.

solución ideal para la toma de decisiones y la puntuación operacional ambiciosa que no es mas que el procedimiento para la medida del rendimiento¹².

5.4.3.1. Las Cuatro Fases del QFD

Fase 1: La Primera fase del QFD es HOQ, que traduce las necesidades del Cliente (QUE's) a medidas Técnicas (COMO's).

Fase 2: Esta Segunda fase es el despliegue de partes, con los que se traduce las medidas técnicas claves (nuevos QUE's) determinados en la fase anterior en partes características (COMO's).

Fase 3: Esta fase es el planeamiento del proceso, que traduce las partes características claves (nuevos QUE's) determinados en la fase anterior en partes características en procesos de operación (COMO's).

Fase 4: La última fase es el planeamiento de la producción, que traduce los procesos de operación clave (nuevos QUE's) en requerimientos de producción día a día (COMO's).

¹² www.qfdlat.com/herramientas_QFD/herramienta_QFD.html

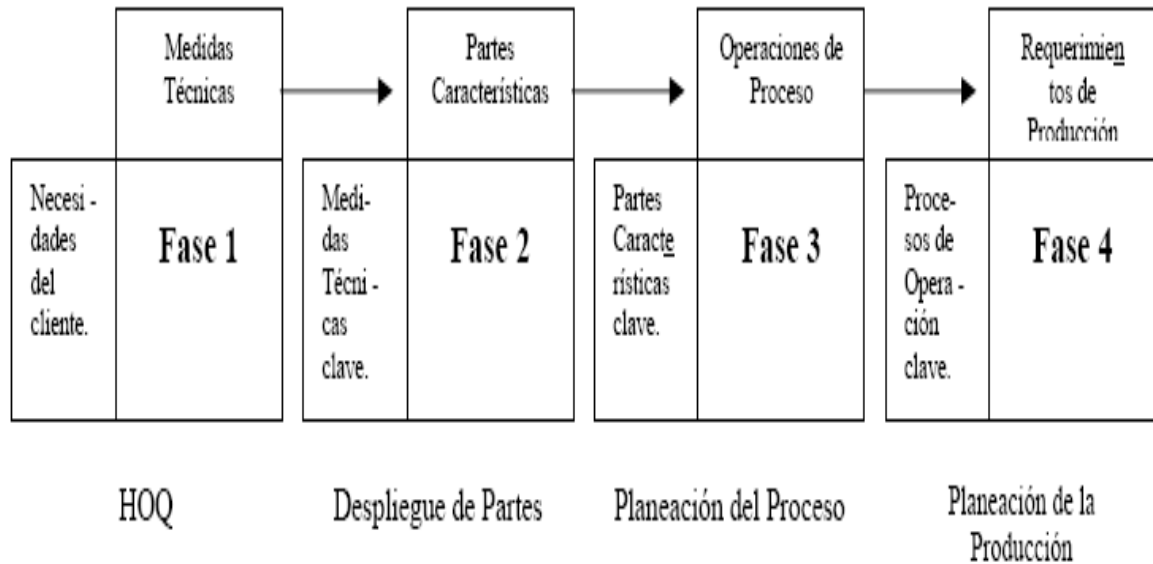


Figura 2: Las Cuatro Fases del QFD

5.4.3.2. La Casa de la Calidad (HOQ)

La matriz de la calidad es una herramienta de síntesis e integración conceptual, que resume y organiza claramente los Que's y los Como's y los plasma en una única figura, junto a otras variables que facilitan el diseño de un producto. Idealmente, para que el contenido de esas variables sea más relevante, la matriz de la calidad debe incorporar la experiencia de la organización. Por ello, la matriz suele construirse trabajando en un grupo en el cual estén representadas todas las funciones importantes para el diseño y fabricación del producto.

A continuación se presentan las tablas que detallan los nueve pasos de la casa de la calidad:

5.4.3.2.a. Los Nueve pasos de la Casa de la Calidad (HOQ)

Pasos	Descripción	Descripción Cuantitativa
1	<p>Consiste en determinar las necesidades del Cliente (QUE's) para el producto o servicio concerniente. Para recolectar las necesidades del cliente se emplean encuestas o entrevistas. Después un diagrama de afinidad puede ser usado para organizar las necesidades del cliente.</p>	<p>Hay m necesidades del cliente identificadas y denotadas por W_1, \dots, W_m.</p>
2	<p>Las necesidades del cliente son de diferentes grados de importancia. Esto se logra a través de la puntuación que asigna el cliente a través de encuestas o entrevistas.</p>	<p>Las puntuaciones de las importancias relativas de las necesidades del cliente, provistas por el cliente, son: $g = (g_1, \dots, g_m)$.</p>
3	<p>Saber las fortalezas y limitaciones de la compañía en todos los aspectos de un producto es esencial para la compañía si quiere mejorar su competitividad en los mercados relevantes. Esto permite conocer las debilidades de la empresa y la de los competidores.</p>	<p>Hay $p - 1$ competidores identificados denotados por C_2, \dots, C_p. Las compañías bajo estudio se denotan por C_1. Las puntuaciones del funcionamiento de estas p compañías del producto del mismo tipo sobre las m necesidades del cliente son provistas por el cliente y denotadas por:</p> $X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_p \\ \begin{matrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mp} \end{bmatrix} & \end{matrix},$ <p>Donde X_{ij} es la puntuación del desarrollo de la compañía C_i; Por W_j, Basándose en la información de X, otro conjunto de medidas de importancia de las necesidades del cliente puede ser obtenido,</p>

Continuación Tabla Anterior		
Pasos	Descripción	Descripción Cuantitativa
4	Considerando la puntuación a la importancia relativa y las prioridades competitivas para cada QUE, la importancia relativa y las prioridades Competitivas para cada QUE, la puntuación final de la importancia sobre los QUE's puede ser obtenida para el producto de la compañía. Los QUE's con puntuaciones finales altas indican importancia y beneficios potenciales al negocio y la compañía.	Las puntuaciones de importancia finales de las necesidades de los clientes están dadas por $f = (f_1, \dots, f_m)$, que son calculadas usualmente con la Información de $e: f_j = g_j \times e_j, j = 1, \dots, m$
5	Las medidas Técnicas (COMO's) pueden relacionarse y medir las necesidades del cliente (QUE's), son identificadas por técnicos o equipos de desarrollo de producto. Algunas veces son generados de los estándares actuales del producto. Los COMO's apropiados pueden ser seleccionados creando un diagrama de Causa – Efecto, un diagrama de árbol y asegurando a través de un diagrama de Causa – Efecto, que los COMO's son causas de primer orden para los QUE's. Un diagrama de afinidad puede usarse también para organizar los COMO's seleccionados.	Hay n medidas técnicas (COMO's) generados por las m necesidades del cliente por los técnicos, denotadas por H_1, \dots, H_n
6	La matriz de relaciones entre los QUE's y los COMO's es un medio sistemático para identificar el grado de relación entre cada QUE y cada COMO. Completar esta matriz de relaciones es un paso vital en el proceso de HOQ/QFD.	Una matriz de relación entre los QUE's y los COMO's es provista por los técnicos, expresada como: $R = \begin{matrix} & H_1 & H_2 & \dots & H_n \\ \begin{matrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$ Donde r_{ji} es un número que indica la relación entre H_i y W_j .

	Continuación Tabla Anterior	
Pasos	Descripción	Descripción Cuantitativa
7	<p>La puntuación técnica para cada COMO es la medida comprensiva que indica el grado en el que un COMO está relacionado con todos los QUE's. Estas puntuaciones están decididas por dos factores: las puntuaciones finales de importancia de los QUE's y a relación entre los COMO's y los QUE's. Estos son simplemente calculados por una fórmula aditiva de pesos.</p>	<p>Las puntuaciones de importancia de las medidas técnicas (COMO's), llamadas puntuaciones técnicas, $t = (t_1, \dots, t_n)$, son calculadas comúnmente por medio de una simple fórmula aditiva de pesos usando la información de F y R:</p> $t_i = \sum_{j=1}^m f_j \times r_{ji},$ <p>Donde $i = 1, \dots, n$</p>
8	<p>La comparación técnica es la evaluación del desarrollo del producto de la compañía y los productos de sus principales competidores en cada COMO. Este paso es necesario pero no es una tarea simple.</p>	<p>Las puntuaciones del desarrollo para las p compañías sobre las medidas técnicas pueden ser obtenidas de las comparaciones técnicas:</p> $Y = \begin{matrix} & H_1 & H_2 & \dots & H_n \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix},$ <p>Donde y_{ij} es la puntuación para el desarrollo de la compañía C_j por H_i. De la información de Y, otro conjunto de puntuaciones de importancia de las medidas técnicas puede ser obtenido, usando el mismo método aplicado a X en el paso 3: $z = (z_1, \dots, z_n)$.</p>

Continuación Tabla Anterior		
Pasos	Descripción	Descripción Cuantitativa
9	Este es el paso de salida de HOQ. Las puntuaciones finales técnicas para los COMO's se producen al integrar la información de las puntuaciones técnicas y las comparaciones técnicas. Los COMO's con más altas puntuaciones finales implican W relaciones más altas con todos los QUE's y por lo tanto de mayor importancia. Estos se convierten en los QUE's de la segunda fase del QFD, que traduce las medidas técnicas importantes (nuevos QUE's) en partes características (nuevos COMO's).	Las puntuaciones finales de importancias a las medidas técnicas están dadas por $s = (s_1, \dots, s_n)$, lo cual puede ser obtenido también del uso de la información de t y z: $S_i = t_i \times z_i, i = 1, \dots, n$.

Tabla 5: Los nueve pasos de la casa de la calidad

El trabajo no contiene la competencia en el mercado, indicadores financieros y de costos, por lo que todos los pasos que tengan que ver con tales aspectos no se incluyen en el estudio.

5.4.3.3. Diagnostico a partir del QFD

En la descripción de la Metodología a seguir para el QFD y en especial para los elementos del gráfico o casa de la calidad (HOQ) y sus relaciones hemos podido apreciar la utilidad de cada uno y las recomendaciones para extraer un diagnostico del Diseño a través de esta técnica.

Resumiremos ahora los pasos para realizar un diagnostico de diseño detallado implementando la técnica del QFD.

1. – Conocimiento del cliente y jerarquización, asimismo de los recursos y el mercado.
2. – Investigación de las expectativas del cliente para decidir que hacer.

3. – Determinación del grado de importancia de las demandas.
4. – Listar las características de calidad del producto.
5. – Combinar el grafico de demandas de calidad con el de características.
6. – Análisis de la competencia. (No se aplica en nuestro proyecto)
7. – Análisis de las quejas del cliente. (No se aplica en nuestro proyecto)
8. – Jerarquizar los elementos de calidad.

En nuestro caso se implementan dos pasos adicionales:

9. – Determinar la calidad de diseño especifica mediante el estudio de las características de calidad y los objetivos técnicos.
- 10.– Determinar el modo de aseguramiento de la calidad en el diseño y en cada proceso.

6. JUSTIFICACION

El proceso de planificación de la gestión de residuos sólidos a nivel municipal es de gran relevancia para mejorar la problemática actual. Es indispensable por tanto que se establezcan técnicas de aprovechamiento de los residuos sólidos, que permitan administrar los diversos flujos de residuales de acuerdo a las condiciones locales.¹³

Con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, en la producción de energía eléctrica, se intenta contrarrestar esta problemática pues se pretenden reducir los volúmenes de residuos sólidos, y a la vez la proliferación de vectores sanitarios (roedores, cucarachas, moscas, etc.), promover la opción de modelos urbanos sostenibles, acorde con las condiciones particulares de la ciudad de Santa Marta, mejorar las cualidades de los suelos que propicien la implementación de Agricultura orgánica, crear fuentes de empleo, prolongar la vida útil del relleno sanitario palangana y apoyar la gestión y autogestión de los recursos locales.

Teniendo en cuenta que en el decreto 1713/2002 se establece en su artículo 9 que en la elaboración de los PGIRS se debe describir un programa de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliario, y a su vez el distrito de Santa Marta, con base en el acta # 02 de febrero del 2005 decreta en el artículo 2do la articulación de la prestación del servicio público domiciliario de aseo con el PGIRS de la ciudad¹⁴. Situación que puede permitir que esta propuesta sea tenida en

¹³ Ministerio del Medio Ambiente, 1997

¹⁴ Expediente 2736 PGIRS E.S.P.A Distrito de Santa Marta

cuenta en los programas de aprovechamiento del plan de gestión integral de los residuos sólidos del distrito.

Sumado a lo anterior, en el distrito se han presentado problemas por el sitio donde se encuentra ubicado el nuevo relleno sanitario rodeado de invasiones y muy próximo a la zona de amortiguamiento del Parque Tayrona. Condiciones que puede mejorarse con el desarrollo de este proyecto ya que es un mecanismo de gran impacto social y promueve el crecimiento económico sostenible, es así como la agencia de cooperación ambiental EPA (Environmental Protection Agency), reconoce que la generación de energía, ayuda a solucionar los problemas de residuos sólidos y lo clasifica como una forma de Reciclaje (Corporación de Investigación Tecnológica de Chile, 1999).

¿Por qué Utilizar el QFD en el Diseño de una Planta Generadora de Biogás a partir de Residuos?

El despliegue de la función calidad (Quality Function Deployment QFD) es un sistema único para el diseño e innovación de nuevos productos y servicios, que se enfoca en asegurar que la calidad inicial del proyecto será adecuada y contrarresta las desventajas de los métodos de diseño tradicionales basados en extensas pruebas de conceptos y mercados e iteraciones múltiples que toman demasiado tiempo.

Adicionalmente, los mejores esfuerzos, motivados por requerimientos internos, aumentan el riesgo de fallar al no identificar necesidades importantes de los usuarios y las herramientas y métodos pueden reducir este riesgo a través de un sistema de planeación robusto, metódico y estructurado.

QFD es la única herramienta de calidad completa que se orienta específicamente en satisfacer a los usuarios y en este caso a la comunidad samaria en general. Al mismo tiempo, este sistema se enfoca en brindar valor positivo a través de buscar e identificar las necesidades explícitas como las no explícitas y traducirlas en acciones y diseños, que serán comunicados por medio de cada área en la cadena de valor hasta llegar al usuario final optimizando aquellos aspectos de especificaciones y no desperdiciando los recursos limitados, sean estos financieros, de tiempo, humanos, de diseño y el sistema complejo en general.

Sin embargo debemos reconocer que la metodología QFD todavía no ha madurado, ni siquiera en Japón, su país de origen. Actualmente existe gran diversidad en su empleo dependiendo de las limitaciones de su propio entorno y sobretodo del proyecto en cuestión, ya que se trata de un método adaptable y flexible, como ya hemos hecho hincapié anteriormente.

Por tanto vamos a presentar un desarrollo de la metodología que intenta recoger la línea general de este procedimiento, válido para sus distintas adaptaciones y en algunos aspectos se hará un desarrollo más profundo.

El QFD y su metodología puede aplicarse a 4 fases del proceso que llevará a la obtención del producto, desde su planificación y diseño hasta la planificación de la producción y sus procesos. Son las siguientes:

- Planificación del diseño.
- Despliegue de componentes de diseño.
- Planificación de los procesos
- Planificación de la producción

Finalmente en un proyecto que valga la pena hace merecer que el QFD constituya la base de diseño, ya que este sistema recopila la información necesaria para conocer los requerimientos y la manera de satisfacerlos, de acuerdo a las especificaciones iniciales.

7. OBJETIVOS DEL PROYECTO

7.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una planta generadora de Biogás como alternativa para el manejo y aprovechamiento de los Residuos Orgánicos Sólidos depositados en el Relleno Sanitario de Palangana en la ciudad de Santa Marta, de acuerdo a los parámetros contemplados en las PGIRS utilizando la metodología QFD

7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar y analizar métodos de reutilización y aprovechamiento de residuos sólidos utilizados de manera nacional e internacional.
- Caracterizar los residuos sólidos producidos en la ciudad de Santa Marta a fin de identificar los niveles y condiciones dadas por los mismos.
- Implementar la metodología del despliegue de la función calidad como estrategia para el diseño de una planta generadora de biogás.
- Documentar procesos claves de la planta generadora de biogás

8. METODOLOGIA

La metodología a seguir para la consecución del proyecto ha sido organizada de la siguiente forma:

- Fase 1: Recopilación y Análisis de la Información:
En esta fase se han de Consultar fuentes bibliograficas y especialistas en ingeniería de materiales acerca del comportamiento y las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los residuos; su proceso de transformación y las particularidades del diseño de la planta.
Al mismo tiempo se investigará acerca de las técnicas de diseño, modernas y ajustadas a las especificaciones y aplicaciones.
- Fase 2: Definir los requerimientos principales del diseño.
En esta fase se recopilará la información requerida de las necesidades que debe suplir la planta a través de diálogos con los futuros usuarios. Cumplida esta fase se iniciará el estudio de la información recopilada tanto técnica como general, necesaria para definir los requerimientos, funciones y restricciones del diseño. Así mismo, se definirán las entradas y salidas del sistema y los actores que intervienen en éste.
- Fase 3: Análisis del Contexto e Identificación de oportunidades.
Se desarrollaran las fichas técnicas de la clasificación de los residuos orgánicos sólidos, especificaciones generales, análisis DOFA.

- Fase 4: Registrar los resultados y evaluar su aplicación.
Con base en los resultados obtenidos hasta el momento se empezará a estructurar la información y se desarrollaran las fases del sistema QFD para el diseño de la planta.

- Fase 5: Diseño Preliminar
Mediante este proceso se utilizará la información recolectada para elaborar el diseño lógico de la planta a través del sistema QFD, logrando con esto proporcionar la entrada efectiva del sistema mediante el uso de técnicas de diseño apropiadas, además de perfilar los procedimientos de control y respaldo de acuerdo con las debilidades y oportunidades identificadas en cada una de las etapas y matrices de calidad.

- Fase 6: Evaluación del Diseño

En esta fase se realizará la prueba de integración de los subsistemas funcionales, que permitan encontrar discrepancias entre lo construido y los objetivos, requerimientos, restricciones y atributos de calidad previamente establecidos.

- Fase 7: Correcciones en caso de presentarse fallas.
En caso de presentarse fallas o errores en el diseño se desarrollaran las respectivas correcciones en este periodo.

- Fase 8: Presentación del Proyecto:
Proceso de sustentación.

9. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL MANEJO DE RESIDUOS EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA

El Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta ocupa una extensión de 239.335 hectáreas de la Costa Caribe Colombiana. Abarca los territorios que van desde la desembocadura de la quebrada, bordeando el litoral hasta la desembocadura del río Palomino en los límites con el Departamento de la Guajira y hacia el sur el área Distrital llega hasta los límites de los municipios de Aracataca y Ciénaga.

En la línea litoral sobresalen las bahías de Santa Marta, Gaira y Taganga, las puntas de Betín, Brava, Gloria, Castillete, El Diamante, Gaira y los cabos de La Aguja, San Agustín y San Juan de Guía.

El área urbana o Microdistrito administrativamente está dividida en ocho (8) comunas: *María Eugenia - Pando; Comuna Central; Pescaito - Taganga; Polideportivo - El Jardín; Santafé - Bastidas; Parque - Mamatoco - 11 de Noviembre; Gaira Rodadero; Pozos Colorados - Don Jaca.* El área rural está constituida por los Corregimientos de *Guachaca, Minca y Bonda, un Resguardo Indígena, Taganga* y algunos asentamientos urbanos, tales como, El Mamey, Buritaca, san Isidro, Marquetalia, Calabazo, Don Diego, *El Campano, La Tagua, entre otros.*

La ciudad de Santa Marta bordea el sector oriental de la bahía que lleva su nombre, de forma semicircular y diámetro de 7 Km. Está situada entre los 11° 14'

50" de Latitud Norte y los 74° 12' 06" de Longitud Occidental, a una altura de 6 m.s.n.m. Posee un clima cálido y seco, con precipitación media anual de 362 mm, humedad relativa del 77% y rango de temperatura entre los 23 - 32 °C.

Su red hidrográfica principal está constituida por los ríos Buritaca, Chiquito, Don Diego, Gaira, Guachaca, Manzanares, Mendiguaca, Palomino y Piedras.

El Distrito mantiene una producción agrícola de 16.053 toneladas, cultivadas en un área de 44.051 hectáreas. Los principales productos agrícolas son: Banano, café, cacao, frutales y yuca.

Las divisiones político administrativas en el Distrito (*Ver anexo 12*) tienen como propósito desconcentrar la gestión de gobierno y facilitar la focalización de la inversión, como también promover la participación comunitaria y ciudadana. Para lograr la eficacia de este proyecto se hace necesario revisar sus mecanismos de conformación y delimitación, aun cuanto existan problemas en su definición y funcionalidad (Plan de Desarrollo Distrital).

El siguiente cuadro muestra la estructura administrativa con el fin de facilitar su comprensión a través de todo el diagnóstico.

COMUNAS Y BARRIOS DE LA ZONA URBANA

División Administrativa	Subdivisiones	
<p align="center">Comuna No. 1: MARIA EUGENIA PANDO</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acacias 2. Alto Simón Bolívar 3. Calle 29 hasta la Cra. 5ª. 4. Calle 30 hasta la Cra. 3ª. 5. Ciudadela 29 de Julio 6. Concepción 7. Corea 8. Daniel Sánchez 9. El Mayor 10. El Trébol 11. 19 de Abril 12. La Lucha 13. Las Américas 14. Las Colinas del Pando 15. Loma Fresca 	<ol style="list-style-type: none"> 16. Manzanares 17. María Eugenia 18. Martinete 19. Murallas 20. Pando (y lotes con servicio) 21. Pando I 22. Pastrana 23. San Pablo 24. San José del S 25. 1º de Mayo 26. Tenería 27. Veinte de Enero 28. Villa del Carmen 29. La Lucha
División Administrativa	Subdivisiones	
<p align="center">Comuna No. 2: CENTRAL</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambique 2. Bavaria 3. Bella Vista 4. Bolívar 5. Centro 6. Costa Verde 7. El Mayor 8. El Prado 9. Minuto de Dios 10. Miramar 11. Puerto Mosquito 12. Santa Cecilia 13. Santa Verónica 14. Taminaca 1 y 2 15. Tierra Baja 	<ol style="list-style-type: none"> 16. El Pueblito 17. El Territorial 18. Hab. Colón 19. La Esperanza 20. La Gran Vía 21. La Logia 22. La Tenería 23. Los Ángeles 24. Los Troncos 25. Trece de Junio 26. Santa Verónica 27. Urbanización El Refugio 28. Villa del Rosario 29. Zona del Mercado

Tabla 6: División Administrativa de Santa Marta – zona urbana

Continuación Tabla 6: División Administrativa de Santa Marta – zona urbana

División Administrativa	Subdivisiones	
Comuna No. 3: PESCAITO	1. Alfonso López 2. Almendros 3. Betania 4. César Mendoza 5. Cristo Rey (Nacho Vives) 6. El Pradito 7. El Recreo 8. Ensenada Juan XXIII 1 y 2 9. Ensenada Olaya 10. Manguitos 11. Miraflores 12. Norte 13. Obrero 14. Olaya Herrera	15. Pescaito 16. Pradito 15. San Fernando 16. San Martín 17. San Jorge 18. Urbanización Berlín 19. Urbanización Campo Alegre 20. Urbanización Guido 21. Urbanización Hábitat 22. Urb. Pérez Dávila 23. Urbanización Riascos 24. Urbanización Veracruz 25. 20 de Julio 26. Veracruz
División Administrativa	Subdivisiones	
Comuna No. 4: POLIDEPORTIVO - EL JARDIN	1. Alcázares 2. Alto Jardín 3. Andrea Doria 4. AV. Del Río (III Etapa) 5. Av. Libertador – entrada de Bastidas 6. Boston 7. César Mendoza 8. Cundí 9. El Recreo 10. Elvira María 11. Jardín 12. Juan XXIII 13. Las Vegas 14. Libertador 15. Los Cocos 16. Los Mangos 17. Los Naranjos 18. Mercado Público 19. Modelo 20. Municipal 21. Nueva Granada 22. Nuevo Jardín 23. Olivo 24. Pepe Hurtado 25. Perehuétano 26. Porvenir 27. Postobón	28. Recreo 29. Riascos 30. Salamanca 31. San Francisco 32. San José 33. Santa Catalina 34. Santa Catalina 2000 35. Santa Helena 36. 7 de Agosto 37. Simón Bolívar 38. Territorial 39. 13 de Junio 40. Urbanización Autopista 41. Urb. Benjamín Alzate 42. Urbanización Caracas 43. Urbanización El Río 44. Urbanización Elvira Mejía 45. Urbanización Guerrero 46. Urbanización Las Delicias 47. Urbanización Los Cerros 48. Urbanización Pradera 49. Urbanización Reposo 50. Urbanización San Carlos 51. Urbanización Santa Elena 52. Urbanización Santa Rita 53. Urbanización Silvia Rosa 54. Villa del Río

Continuación Tabla 6: División Administrativa de Santa Marta – zona urbana

División Administrativa	Subdivisiones	
<p align="center">Comuna No. 5: SANTAFE - BASTIDAS</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto Delicias 2. Altos Simón Bolívar 3. Bastidas 4. Belén 5. Benjamín Alzate 6. Buenos Aires 7. Cardonales 8. Chimila 1 y 2 9. Galicia 10. La Estrella 11. La Unión 12. Las Vegas 13. Los Fundadores 14. Luis R. Calvo 15. Miguel Pinedo 16. Nuevo Armero 17. Oasis 18. 8 de Diciembre 19. 8 de Febrero 20. 8 de Noviembre 21. Ondas del Caribe 22. Paraíso 	<ol style="list-style-type: none"> 23. 17 de Diciembre 24. Divino Niño 25. El Pantano 26. Esmeralda 27. Florida 28. Galán 29. Nueva Galicia 30. Santa Lucía 31. Salamanca 32. Salvador 33. Pamplonita 34. San Pedro Alejandrino 35. San Ramón 36. Santa Mónica 37. Santafé 38. Simón Bolívar 39. Tayrona 1 y 2 40. Urbanización Santa Lucía 41. Villa Aurora 42. Villa Betel 43. Villa del Carmen 44. Villa del Río
<p align="center">Comuna No. 6: PARQUE - MAMATOCO</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acacias 2. Acodís 3. Curinca 4. Av. Libertador - P. Mamatoco 5. Bolivariana 6. El Bosque 7. El Carmen 8. El Cisne 9. El Parque 10. El Refugio 11. El Trébol 12. Invasión Nueva 13. La Lucha - 19 de Abril 14. Los Trupillos 15. Luz del Mundo 16. Malvinas 17. Mamatoco 18. Nueva Colombia 19. Nueva Mansión 20. Nueva Venecia 	<ol style="list-style-type: none"> 21. 8 de Febrero 22. Once de Noviembre 23. Quebrada M. 24. Rodrigo Ahumada 25. San Tropel 26. Santa Clara 27. Santa Lucía 28. Tres Puentes 29. Urbanización Alejandrina 30. Urb. Concepción 1,2,3,4,5 31. Urbanización Garagoa 32. Urbanización Villa del Mar 33. Villa Ely 34. Villa Italia 35. Villa Marina 36. Villa Mercedes 37. Villa Sara 38. Villa Toledo 39. Villa Trinidad 40. Villa U 41. Yucal 1 y 2 42. 20 de Octubre

División Administrativa	Subdivisiones	
Comuna No. 7: GAIRA - RODADERO	1. Cerro Intermedio	13. La Quemada
	2. Cerro La Llorona	14. La Quinina
	3. Cerro La Virgen	15. Lago Dulcino
	4. Cerro M.	16. Las Colinas
	5. Cristal	17. Las Palmeras
	6. Doce de Octubre	18. Nueva Betel
	7. Gaira – Centro	19. Rodadero Tradicional
	8. Eduardo Gutiérrez	20. Sarabanda
	9. El Carmen	21. Vereda Mosquito
	10. El Socorro	22. Villa Berlín
	11. El Valle de Gaira	23. Villa Tanga - Puente
	12. La Magdalena	
División Administrativa	Subdivisiones	
Comuna No. 8: POZOS COLORADOS - DON JACA	1. Bello Sol	9. La Paz
	2. Bella Vista	10. Limón
	3. Cristalina	11. Los Lirios
	4. Cristo Rey	12. Sircasia
	5. Don Jaca Alto	13. Taroa
	6. El Mango	14. Totumo
	7. La Chivera	15. Vista del Mar
	8. La Eva	16. Vista Hermosa

Nota: Algunos sitios vacacionales están referenciados como barrios

DIVISIONES ADMINISTRATIVAS DE LA ZONA RURAL

División Administrativa	Subdivisiones	
Corregimiento de: BONDA	VEREDAS:	14. Manzanares
	1. Agua Linda	15. Masinga
	2. Boquerón	16. Matogiro
	3. Cartagena	17. Ojeda
	4. Curval	18. Onaca
	5. Curvalito	19. Páramo de San Isidro
	6. Donama	20. Paso del Mango
	7. El Recreo	21. Quebrada Negra
	8. Girocasaca	22. Río Piedras
	9. Laureles	23. Sabana de Limón
	10. La India	24. Santa Ana
	11. La Lisa	25. Tierra Linda
	12. Las Nubes	26. Tolima
	13. Los Limones	27. Transjordania
		28. Vira Vira

Tabla 7: División Administrativa de Santa Marta - zona rural

Continuación Tabla 7: División Administrativa de Santa Marta - zona rural

División Administrativa	Subdivisiones	
Corregimiento de: GUACHACA	VEREDAS:	17. Los Cocos
	1. Achiote	18. Los Naranjos
	2. Agua Fría	19. Mamey
	3. Aguao	20. Marquetalia
	4. Arrecife	21. Mendihuaca
	5. Buritaca	22. México
	6. Cacagualito	23. Palominito
	7. Calabazo	24. Parque Tayrona
	8. Cañaverales	25. Perico
	9. Cuesta Rodríguez	26. Pueblito
	10. Don Diego	27. Pueblo Nuevo
	11. El Porvenir	28. Puerto Guandolo
	12. Esmeralda	29. Quebrada El Sol
	13. La Aguacatera	30. Quebrada Los Plátanos
	14. La Revuelta	31. Quebrada Valencia
	15. La Tinajal	32. Tayronita
	16. Las Arepas	33. Trompito

División Administrativa	Subdivisiones	
Corregimiento de: MINCA	VEREDAS:	6. El Oriente
	1. Agua Linda	7. Jamonacal
	2. Bachira	8. La Tagua
	3. Buenos Aires	9. La Victoria
	4. Campano	10. Porvenir
	5. Cerro Kennedy	11. San Lorenzo
		12. Tigra

División Administrativa	Subdivisiones	
Corregimiento de: TAGANGA		
RESGUARDO INDIGENA:	El Resguardo Kogi ocupa 112.680 Hás. del territorio distrital.	

9.1 Síntesis Diagnostica

La elaboración del Diagnóstico del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para la ciudad de Santa Marta permite establecer las condiciones generales, sociales, económicas, institucionales administrativas, de planeación y operación de cada uno de los componentes que integra el manejo integral de los residuos sólidos y su correlación con las diferentes clases de generadores, entidades operadoras y reguladoras.

La información sobre la cual se basa este diagnóstico es de tipo secundaria, tomada del Plan de Ordenamiento Territorial (POT 2.002). (Ver anexo 4)

9.2 Caracterización de la Calidad del Servicio de Aseo

La Empresa de Servicios Públicos de Aseo "ESPA" creada en 1993, presta sus servicios en el área urbana del Distrito, mediante el sistema de concesión con la firma INTERASEO. El diagnóstico realizado con la participación de funcionarios de ESPA y de INTERASEO, permite la caracterización del servicio en cuanto a operación, cobertura y calidad.

El servicio prestado consta de dos procesos básicos:

- Recolección domiciliaria, transporte y disposición final de basuras.
- Barrido y limpieza de vías, parques, áreas y espacios públicos en general, según programación.

Frecuencia de recolección por sectores

- **Diaria: Centro**, sector hotelero, ruta hospitalaria, Rodadero, Santa Marta, Pleno Mar y Avenida Circunvalación.

- **Dos veces por semana:** En el 46% de los barrios de la ciudad.
- **Tres veces por semana:** En el 54% de los barrios de la ciudad.

Disposición final

Se realiza en el Relleno Sanitario de Palangana. Los desechos hospitalarios y de mataderos son separados de los desechos residenciales, hoteleros y de mercado, antes del reciclaje informal efectuado por cooperativas de recicladores; finalmente se esparce con un buldózer, se cubre con tierra y se compacta. Regularmente se hace mantenimiento de la vía de acceso y se recogen los materiales livianos esparcidos por el reciclaje y el viento.

9.2.1. Análisis de la Cobertura y calidad del Servicio de Aseo Actual

En el corto plazo está proyectada por parte de ESPA – INTERASEO y la Administración Distrital, el manejo de los residuos sólidos a través de una planta de incineración.

El Relleno Sanitario

Se encuentra un terreno de 50 Há, 20 de las cuales están ocupadas por las instalaciones del proyecto. Está ubicado en la zona rural a 1.5 Km. del último asentamiento subnormal, sobre la margen derecha de la carretera a Bahía Concha, separado de ésta unos 0.8 Kms. y aislado por cerros. Su emplazamiento en este sitio depende de los resultados de estudios técnicos y ambientales.

Cobertura y Calidad del servicio de aseo.

Alcanza una **cobertura del 96%**, con un promedio diario de recolección de 286 a 300 toneladas de basura/día en temporada baja y en temporada alta de 400 a 450 toneladas/día. El **servicio es eficiente** con excepción de la disposición final. La

ciudad en términos generales presenta un aspecto limpio, condición ésta que se deteriora en períodos de alta temporada turística, especialmente en el Rodadero y las zonas de playas.

COBERTURA PROGRAMADA PARA 2005 – 2006

Operación	Dotación utilizada	Recurso Humano
Recolección y Servicios Especiales	11 recolectores compactadores, 1 volteo de 5 m ³ , 2 tractores, camioneta Ford-350, dotación de cuadrillas (pala, cepillos y canasta industrial).	Cuadrilla conformada por conductor y 2 a 3 ayudantes.
Barrido Manual	Camioneta Ford-350, carritos, tanque, pala, cepillos y bolsas plásticas.	46 escobitas.
Barrido Mecánico	Barredora Elgin Pelican, con capacidad de 3 m ³ .	Operador y ayudantes
Barrido de Playa	Barredora de playa y un tractor M.F.	Operador y ayudantes

Tabla 8: Dotación física empleada para la prestación del servicio de recolección de basuras
Fuente: Interaseo

9.2.1.a Análisis de la Oferta y la Demanda

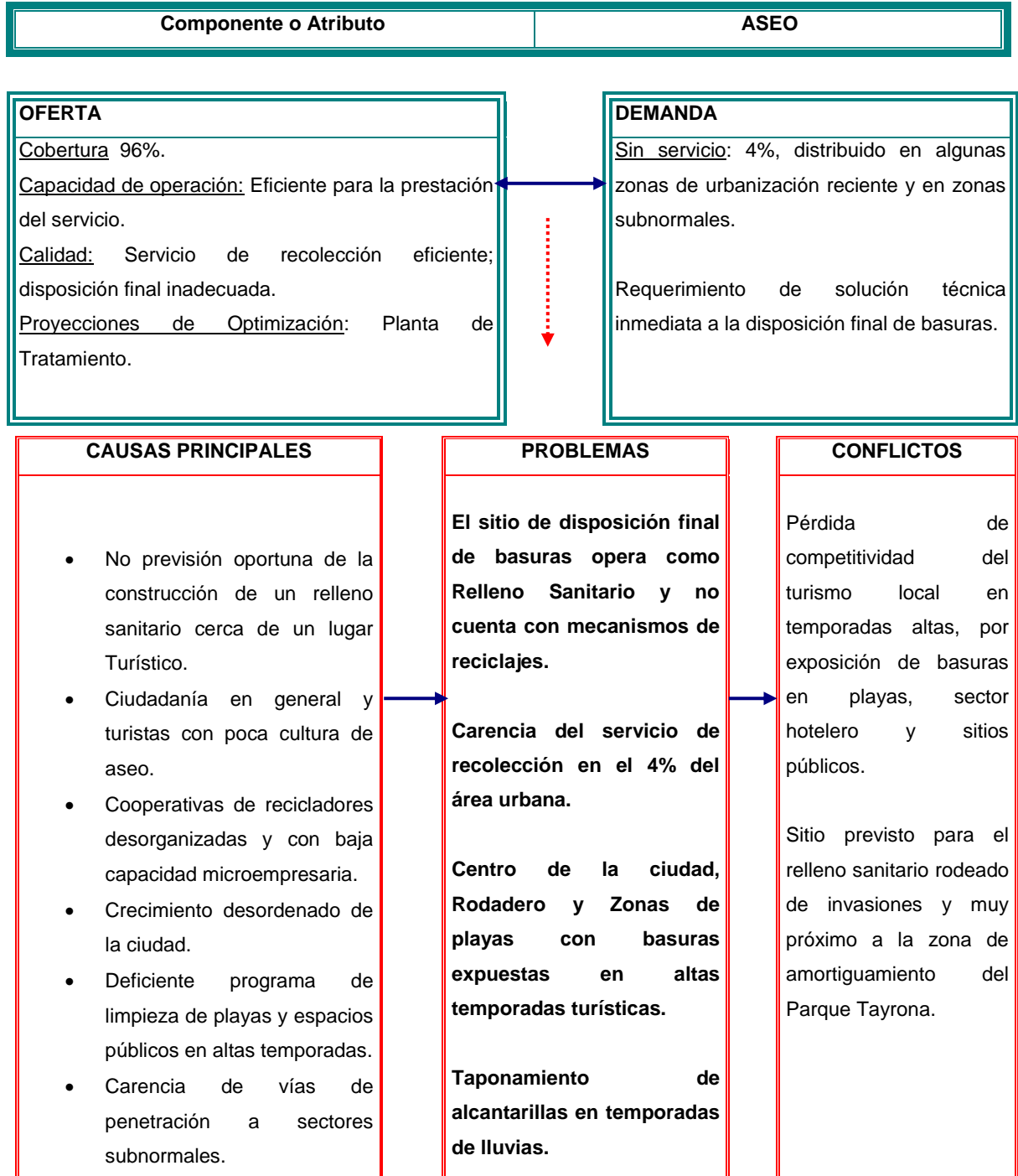


Diagrama 4: Análisis de cobertura y prestación del servicio

9.3 Dinámica Poblacional

Desde el punto de vista general, la correlación entre las cantidades de basura y el tamaño de la población es un hecho claro; sin embargo, el nivel de producción de residuos depende de muchos factores externos. La mayor correlación se presenta con respecto a los residuos domésticos y el tamaño de la población. A pesar de esto, el solo factor poblacional no es criterio suficiente, y se deben considerar aspectos económicos y culturales, entre otros.

Como punto de partida puede preverse que un cambio en la población resultará en un cambio lineal en las cantidades de residuos. Es decir, si por ejemplo, el crecimiento poblacional en un período dado es del 2.8%, es razonable pensar que el aumento general en las cantidades de basuras será similar al 2.8%.

Hay otros factores que influyen en la producción de los residuos de zonas residenciales, como el estilo de vida y la evolución del tamaño de las familias. En términos generales, entre menor sea la familia mayor será el aporte per cápita de residuos. También la edad de la población juega un cierto papel, asociado al indicador de bienestar económico. Entre más vieja es la población, se espera una mayor producción de residuos porque mayores expectativas de vida significan generalmente mayor bienestar y consecuentemente más residuos. Dicho de otra manera: los niños contribuyen con menos residuos que los adultos. Consideraciones similares pueden hacerse respecto a otros tipos de residuos, como por ejemplo, residuos comerciales o industriales. Para éstos, la influencia de la población y el tamaño de las familias serán de menor significado.

En la Tabla siguiente se muestra el desarrollo del tamaño de la población en Santa Marta para los años 1993, 1995, 1999, 2001, 2003 y 2005. La tasa de crecimiento promedio anual ha estado alrededor del 3%. En 2004, el dato oficial de población

es de 434.937 habitantes, de acuerdo con las estadísticas del DANE actualizadas a Septiembre de 2004. El DANE ha realizado las proyecciones de población para Santa Marta hasta el año 2004.

POBLACIÓN PARA SANTA MARTA (DANE)

Año	Población	Tasa de crecimiento anual
1.996	340.470	3,2
1.997	351.907	3,3
1.998	363.350	3,1
1.999	374.933	3,1
2.000	386.528	3,0
2.001	398.368	3,0
2.002	394.168	-1,1
2.003	422.460	6,7
2.004	434.937	2,9

Fuente: DANE, WS, actualizado 01/09/2004

Tabla 9: Población para Santa Marta DANE 2004

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de la población será uno de los factores principales para el cálculo de las cantidades futuras de los residuos provenientes de las viviendas. Otros aspectos demográficos, como por ejemplo la evolución del tamaño de las familias, o la expectativa de vida no se han tomado en cuenta como parámetros separados, porque estos factores, aisladamente, tienen un impacto poco significativo en los resultados generales.

9.3.1. El Crecimiento Urbano

De acuerdo a los datos brindados por CORPAMAG (2004) sobre algunas características del área urbana consignadas en el POT (2002) del distrito, se construyó la proyección del área urbana cuyos datos se muestran en la Tabla siguiente:

Año	Zona Urbana Ha	Suelo Urbano Ha	Expansión Urbana Fase 1 Ha	Expansión Urbana Fase 1 Ha
2004	5510	941	446	1330
2005	6558	968	459	1368
2006	5831	996	472	1407
2007	5998	1024	485	1448
2008	6170	1054	499	1489
2009	6347	1084	514	1532
2010	6529	1115	528	1576
2011	6716	1147	544	1621
2012	6909	1180	559	1668
2013	7107	1214	575	1716
2014	7311	1249	592	1765
2015	7521	1284	609	1815
2016	7737	1321	626	1867
2017	7959	1359	644	1921
2018	8187	1398	663	1976
2019	8422	1438	682	2033
2020	8663	1480	701	2091

Tabla 10: Crecimiento Urbano
 Construida por el Grupo PGIRS a partir de los datos suministrados por Corpamag 2004

Para el año 2004 el área urbana se ha calculado en 5510 Ha., se espera que para el año 2010 la zona urbana haya aumentado hasta 6529 Ha y en el año 2020 hasta 8663. El suelo suburbano por otra parte cuenta con 941 Ha, las cuales aumentaran a 1115 en el año 2010 y llegarán a 1480 Ha. en el año 2020. La expansión urbana esta dividida en dos fases. La fase 1 prevé 446 Ha. para el año 2004, esta cifra deberá aumentar hasta llegar a 528 Ha. en el año 2010 y 701 Ha. en el año 2020. Para el suelo de expansión para la fase 2 estimó un área de 1330 Ha. este valor aumentará en el año 2010 hasta 1576 Ha. y en el año 2020 se espera un área de 2091 Ha.

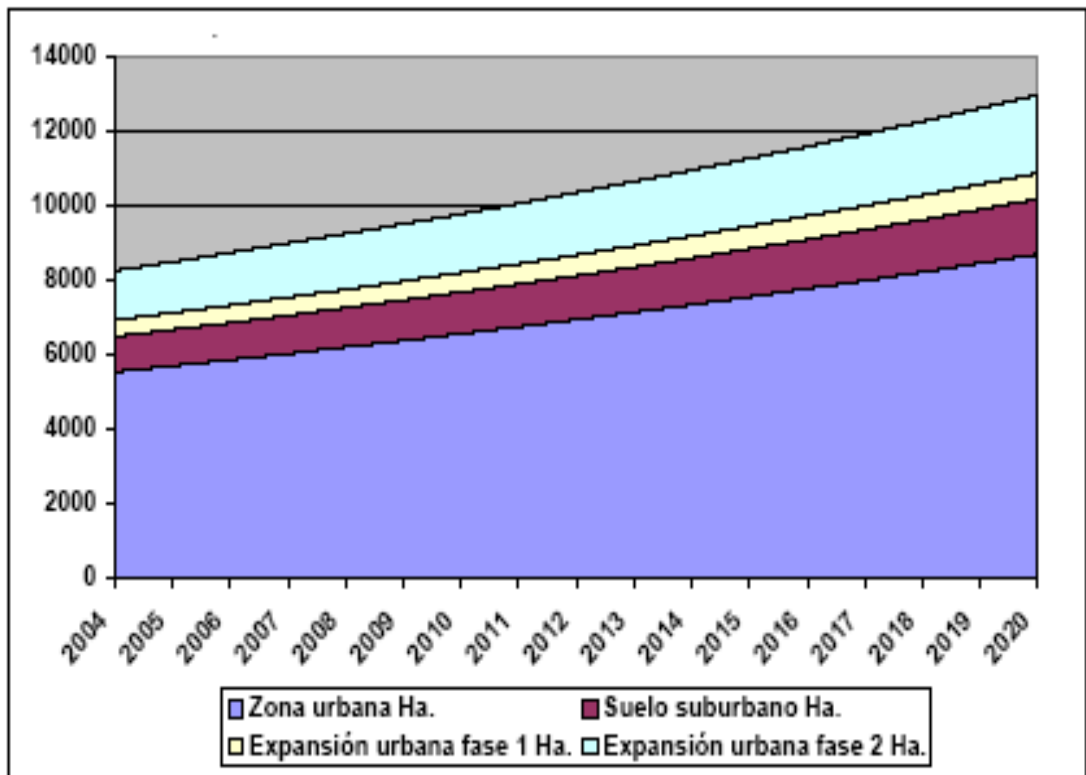


Figura 3: Proyecciones del crecimiento del Área Urbana del Distrito

9.4 Cantidad de Residuos Generados

El presente estudio establece la cantidad de Residuos Sólidos que se vierten diariamente en el Relleno Sanitario de Palangana, de Santa Marta; así como también los tipos de porcentajes estadísticos. Además se simulara el porcentaje de basura que puede generar un individuo en nuestra ciudad.

Según reportes realizados por las empresas de aseo en las ciudades grandes como Bogotá se producen alrededor de las 6000 toneladas de basura diarias, en Cali 1500, en Medellín 5000, en Pereira 230 y así sucesivamente. En el caso de Santa Marta, con aproximadamente 236.022 habitantes y tomando en cuenta su población turística se producen de 286 a 320 toneladas diarias; cifra que varía de acuerdo a los meses del año, es decir en los meses de diciembre, enero abril y junio, por ser época de vacaciones la población en la ciudad aumenta considerablemente. Estas toneladas que se producen anualmente en la ciudad ocupan un espacio de 1.600 metros cúbicos.

Media Aritmética

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{9570}{31} = 308.70Ton$$

$$Febrero = \frac{8890}{29} = 306.55Ton$$

$$Marzo = \frac{9339}{31} = 301.25Ton$$

$$\text{Abril} = \frac{9125}{30} = 303.83\text{Ton}$$

$$\text{Mayo} = \frac{9348}{31} = 301.54\text{Ton}$$

$$\text{Junio} = \frac{9216}{30} = 307.2\text{Ton}$$

$$\text{Julio} = \frac{9651}{30} = 311.32\text{Ton}$$

$$\text{Agosto} = \frac{9327}{31} = 300.87\text{Ton}$$

Como se puede apreciar en los cálculos anteriores los meses en los cuales se vierte mayor cantidad de residuos sólidos en el relleno son: Enero, Junio y Julio; los cuales se caracterizan porque crece considerablemente el número de habitantes en el ciudad de Santa Marta por ser esta un lugar turístico; al igual que se requiere mayor actividad en los procesos de recolección de los desechos sólidos por parte de las empresas encargadas del aseo como son ESPA que funciona como parte fiscalizadora (pertenece al distrito) e INTERASEO S.A. como parte operativa del proceso de recolección (pertenece al sector privado).

Todo este proceso se da teniendo en cuenta que algunos sectores de la actividad económica de nuestra ciudad como son los restaurantes, hoteles, residencias, supermercados y centros comerciales; son los que generan mayores volúmenes de basuras en estos periodos del año.

9.4.1 - Análisis de los Tipos de Porcentaje de Desechos Sólidos en la Ciudad

Santa Marta esta compuesta, según datos suministrados por planeación en seis estratos los cuales son los siguientes:

- Al estrato 1 pertenecen 4.200 viviendas
- Al estrato 2 pertenecen 5.600 viviendas
- Al estrato 3 pertenecen 20.665 viviendas
- Al estrato 4 pertenecen 6.001 viviendas
- Al estrato 5 pertenecen 2.421 viviendas
- Al estrato 6 pertenecen 7.462 viviendas

¿Por que es necesario hacer este análisis?

Se hace necesario, porque al saber como están ubicadas las viviendas por estrato en la ciudad, se pueden determinar la clase de desechos que se producen y que son depositados diariamente en el Relleno Sanitario de Palangana. Los desechos sólidos que se originan en una familia de estratificación seis (6) no son iguales a los que se producen en una vivienda de estratificación uno (1), o dos (2), ejemplo: Una familia de estratificación seis (6) entre sus desechos (RSU) encontramos cáscaras de frutas, bolsas plásticas de alimentos, caja de cartón, características de envases de yogurt, kellogs, botellas plásticas, etc. Mientras que en una familia de estratificación uno (1), o dos (2) encontramos desperdicios húmedos de fácil degradación como son las cáscaras de banano, yuca, plátano, bolsas plásticas, tierra, suciedad, residuos de comida, etc. Con lo anterior, podemos señalar que la producción de basuras no es igual en los diferentes estratos de la sociedades, así como tampoco sus características en lo que tiene que ver con volúmenes y

composición entre orgánica e inorgánica, además los usuarios del servicio de aseo son diferentes: como son los residenciales, comerciales, industriales, etc.

Se estima que de las 300 toneladas que se depositan diariamente en el Relleno Sanitario de Palangana de la ciudad de Santa Marta DTCH, los porcentajes de la cantidad de los tipos de desechos sólidos obedecen a las conductas y comportamientos de los usuarios del servicio de aseo como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de Usuario	N° de Usuarios Facturados	Porcentaje
Estrato 1	12018	13,9
Estrato 2	15986	18,5
Estrato 3	23905	27,7
Estrato 4	6007	7
Estrato 5	1712	2
Estrato 6	6481	7,5
Pequeños Productores (Industriales + Comerciales)	5544	6,4
Pequeños Productores (Oficiales)	253	0,3
Grandes Productores (Industriales + Comerciales)	261	0,3
Grandes Productores (Oficiales)	17	0
Barrios Sub - Normales	14000	16,2
Total	86184	100

Tabla 11: Porcentaje de Desechos por tipo de Usuario
Datos suministrados por Corpamag 2004

10. DIAGNOSTICO DE LA PRESTACIÓN DEL SISTEMA DE ASEO EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

10.1. Definición del nivel de complejidad del sistema Actual

Actualmente en el Relleno Sanitario se están depositando 300 toneladas de residuos sólidos al día; la cual ocupa de la infraestructura del relleno un espacio de 1.600 metros cúbicos. La empresa del aseo estima que en los próximos 15 años, la ciudad producirá cerca de 2'200.000 toneladas de basura, que ocuparán un espacio de 11'000.000 metros cúbicos las cuales pueden ser reutilizadas.

El manejo de las basuras se limitan en muchas ciudades a la recolección y el transporte, quizá porque es la parte que se ve y da mala imagen a la comunidad y su administración; sin embargo, el proceso final, la disposición de las basuras, se ha abandonado y se hace de cualquier manera, generalmente dejando en lotes desocupados, en lo posible lo más alejados de la población. En el caso de Santa Marta este tema se torna aún más delicado si tenemos en cuenta que es una zona turística reconocida, sin embargo, esta concepción se queda corta al no existir un plan de tratamiento y aprovechamiento adecuado de los residuos.

10.2 Tipo de Materiales Recuperados

Los tipos de desechos que se depositan en el Relleno Sanitario se dividen en residenciales, comerciales, institucionales, construcción, democión y servicios municipales.

Estos se subdividen de acuerdo a nuestro interés de la siguiente manera:

- ✓ Orgánicos e Inorgánicos
- ✓ Incinerables y No Incinerables
- ✓ Reciclables y No Reciclables

Material Orgánico:

Formado por materia viva o que estuvo viva, de forma más general conformada por compuestos químicos basados principalmente en el elemento carbono, excluyendo el dióxido de carbono, ejemplo: Residuos de comida, jardín, madera, etc.

Material Inorgánico:

Constituido por compuestos químicos que no están basados en el elemento carbono, ejemplo: los minerales.

Material Incinerable:

Es similar al material orgánico. Se emplea al proceso de quema o combustión para degradar térmicamente dichos materiales.

Material Reciclable:

Son materiales que todavía tienen propiedades físicas o químicas útiles después de servir a su propósito original, y que por lo tanto, pueden ser reutilizados o convertidos en materia prima para la fabricación de nuevos productos, ejemplo: papel, plásticos, vidrio, madera, etc.

10.3 Conducta y Comportamiento de los Usuarios del Servicio de Aseo

El DTCH de Santa Marta es generador de una variedad de tipos de residuos sólidos, derivados como excedentes inútiles de las actividades normales y

cotidianas intrínsecas de cualquier ciudad de América latina. La procedencia de estos residuos son en su mayoría residuos domésticos, comerciales, de la construcción, peligrosos e industriales, principalmente.

Para hacer planes a largo plazo sobre el manejo de residuos sólidos en el distrito es necesario cuantificarlos y caracterizarlos de acuerdo a la procedencia para establecer la GIRS adecuada al sector que los genere.

La información disponible sobre el comportamiento de la disposición final en el Relleno Sanitario permite desagregar los residuos en tres tipos de generadores, según la procedencia de estos, tal como aparece en la Tabla 7.

Residuos Sólidos	Porcentaje	Cantidad
Plásticos y Cauchos	0,14	42
Vidrio y Envases	0,13	39
Papel y Cartón	0,14	42
Materiales de Hojalata y otros	0,13	39
Hueso	0,03	9
Textiles: chiro, trapo o mecha	0,02	6
Cueros	0,02	6
Maderas	0,04	12
Putrescibles	0,04	12
Ladrillos y Cenizas	0,01	3
Tierra, basuras, suciedad	0,02	6
Hierro	0,03	9
Desechos Hospitalarios	0,15	45
Hormigón	0,02	6
Desperdicios de Comida	0,03	6
Residuos Domésticos Peligrosos	0,02	9
Aluminio	0,01	6
Otros No Clasificados	0,02	3
Total	1,00	300

Tabla 12: Cantidad y Porcentaje de Residuos Sólidos Generados en el DTCH de Santa Marta

De los desechos sólidos que presentan mayores porcentajes encontramos como primera medida los desechos hospitalarios con el 15%; luego siguen los plásticos, papel y cartón con 14%; vidrios, envases de hojalata y otros con un 13% y así

sucesivamente; en menores términos porcentuales encontramos la madera, putrescibles, huesos, hierro, textiles, residuos domésticos peligrosos, aluminio, etc.

Para destacar en el caso de los desechos hospitalarios (dentro de estos desechos no solo encontramos los del hospital; sino también de los demás centros médicos; clínicas, puestos de salud, etc.), que representan el porcentaje mas alto con un 15% , se hace necesario hacer la siguiente observación: es obligación de estos centros darle tratamiento especial a estos desechos mediante la cremación o incineración, sin embargo, en la practica nos encontramos con una cruda realidad en que algunos de estos centros no están dotados de estos equipos especiales y se ven en la necesidad de que estos desechos no sean tratados adecuadamente.

En el caso de los residuos como el plástico, caucho, papel y cartón con el 14%; vidrios, envases, metales de hojalata y otros con el 13%; al igual que los residuos hospitalarios presentan los mayores porcentajes en la producción de basura, a la vez que pueden disminuir si la ciudadanía comenzara a practicar la cultura del aseo; es decir que se realizara la separación de la basura desde el lugar de origen, según lo plantea el proyecto establecido por interaseo de acuerdo a las normatividades de las PGIRS.

10.4 Frecuencia de Recolección

El servicio de aseo es de una cobertura bastante amplia, limitada en ciertos sectores para la empresa prestadora del servicio de aseo y recolección de basuras por la dificultad de ciertas vías de acceso, por encontrar algunas no adecuadas para el libre tránsito de los camiones recolectores. De gran importancia es también lo relacionado a la cultura del aseo, para una adecuada recolección y disposición final de los desechos.

La adecuada recolección y transporte de los residuos es una de las variables del manejo integrado que más efecto directo sobre la salud pública puede tener y al igual es un elemento de gran visibilidad política que afecta directamente el bienestar de todos los habitantes de la ciudad, de la misma manera la recolección de los residuos sólidos es uno de los elementos funcionales más costosos. Aproximadamente equivale entre el 50 y 80% de los costos totales del sistema de recolección y transporte.

El lugar de recolección es una de las variables que afecta significativamente la percepción del servicio que se está prestando y al mismo tiempo puede tener efectos importantes sobre los costos de recolección.

En zonas residenciales de vivienda unifamiliar existen dos alternativas básicas para la recolección de los residuos, la primera es la recolección puerta a puerta en donde se recorre todas las calles de la zona y la segunda, la recolección en las esquinas en donde se reduce significativamente el recorrido del carro recolector. En esta última los residentes deben llevar los desechos hasta la esquina más cercana; su uso es apropiado en zonas marginales de desarrollo irregulares, calles estrechas y pendientes en donde es difícil el recorrido por cada una de las calles.

En viviendas multifamiliares o combinaciones de multifamiliares e individuales se tienen usualmente contenedores individuales para el condominio y este se debe localizar de tal forma que el camión recolector tenga fácil acceso a él.

La frecuencia de recolección mínima es de una vez por semana debido a problemas de la descomposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos y su consecuente generación de olores y moscas. Por otra parte, las opciones siguientes de más amplia utilización son de dos y tres veces por semana. A medida que se aumenta la frecuencia de recolección, igualmente se aumentan los costos debido a la mayor utilización de los vehículos y de mano de obra. Estudios

realizados indican reducciones entre 15 y 40% en los costos de recolección cuando se pasa de una frecuencia de dos veces por semana. Las ventajas de una recolección más frecuente es la reducción en el espacio necesario para el almacenamiento de los residuos, que en algunas zonas urbanas densamente pobladas puede ser una consideración crítica y una mejor percepción en la prestación del servicio.

Al determinar la frecuencia de la recolección se deben tener en cuenta los siguientes factores: saneamiento, costos de recolección, espacio disponible para almacenamiento en las viviendas y composición de los residuos.

Podemos afirmar de una manera concisa que la producción de basuras no es igual en los diferentes estratos de las sociedades, así como tampoco sus características en lo que tiene que ver con volúmenes y composición entre orgánica e inorgánica, además de que en los diferentes estratos se diferencia claramente los usuarios del servicio del aseo convencionales o residenciales y los usuarios comerciales e industriales, que producen grandes volúmenes de basura diaria y se les debe recoger diariamente y no cada dos o tres días.

Otro aspecto que podríamos señalar característico de esta variable tan importante como es la frecuencia en cuanto al proceso de recolección de los residuos sólidos es el lugar, el cual esta dividido en sectores.

10.5 Rutas de Recolección

Las rutas de recolección en cuanto al sector son las siguientes: el sector domiciliario, barrido de calles, vías, mercado público, sector comercial, zonas turísticas y céntricas.

Por ejemplo el sector domiciliario; el cubrimiento de las rutas es de dos veces por semana; indicando los días de acuerdo a la denominación de los barrios o urbanizaciones.

En el sector del mercado público su cubrimiento obedece a todos los días de la semana, por ser un sector especial, debido a que la producción de basura incrementa en ese lugar; de igual forma sucede con el sector de los servicios hospitalarios por poseer entre sus desechos; residuos de tratamiento especial como son los radiactivos, agujas, contaminantes, etc. (Anexo: Programación Diaria de Rutas de Recolección)

Los turnos en cuanto al cubrimiento de la ruta – sector, realizan la operación dependiendo de la hora con opción de prolongarse el horario en diferentes zonas como son: cantidad de desechos, varada de vehículos, eventualidades del clima, etc.

Los turnos u horarios en los cuales se realizan las labores por parte de los empleados de la entidad prestadora del aseo “INTERASEO S.A.” son los siguientes:

Turnos: 6:00 AM – 2:00 PM
 2:00 PM – 10:00 PM
 8:00 PM – 4:00 AM

El servicio Hospitalario tiene un turno especial:

Turnos: 7:00 AM – 1:00 PM
 4:00 PM – 6:00 PM

10.6 Cobertura del Servicio de Aseo

Las Entidades del servicio público domiciliario de aseo deben prestar el servicio de aseo en forma eficiente con la calidad, continuidad y cobertura.

10.6.1. Cobertura Poblacional y Domestica del Aseo Publico

Es un indicador de cobertura que por experiencia permite conocer el déficit de personas o viviendas sin conexión domiciliaría de aseo público.

La siguiente es una tabla donde se muestran los indicadores de la cobertura poblacional y domestica del Distrito de Santa Marta:

COBERTURAS	DISTRITO O ZONA
N° Total de Viviendas	61.800
N° de Viviendas con servicio de recolección de basuras	59.100
Población Total	236.022
Población con Acceso Domiciliario al Servicio	220.000
Cobertura Domestica	95.63%
Cobertura Poblacional	95.59%

Tabla 13: Cobertura Poblacional y Domestica del Aseo Publico

10.7 Vehículos para la Recolección

La selección del tipo de equipo de recolección depende básicamente del lugar y la frecuencia de está. Otras variables que afectan la decisión son el tamaño de las calles, trazado de las vías, pendientes en el recorrido, densidad de población y distancia al lugar de descargue del vehículo.

Para la recolección de los residuos sólidos residenciales la empresa INTERASEO cuenta con una variedad de vehículos y equipos los cuales detallaremos a continuación:

- 6 camiones C – 70 que tiene una capacidad de 6 Ton / viaje
- 5 camiones tipo International, que tiene una capacidad de 10 – 11 Ton/viaje
- 2 volteos tipo DINA, con capacidad de 4.5 a 5 Ton/viaje
- 1 camión tipo International M – 12, con capacidad de 12 a 13 Ton/viaje.
- 1 camión tipo International M – 13, con capacidad de 9.5 a 10 Ton/viaje.
- 1 camión tipo Amplirol M – 18 con capacidad de 3.5 Ton/viaje

INTERASEO como empresa prestadora del servicio de aseo funciona con capital privado y cuenta actualmente con doce vehículos compactadores que cubren las diferentes zonas de la ciudad de Santa Marta; al igual cuenta con otros equipos para el proceso de recolección de los desechos como son volteos y cargadores.

El recorrido del vehículo para realizar las labores de recogida y evacuación de los desechos residuales tiene un promedio estimado de dos horas y media hasta tres, este depende de la zonas. El vehículo se puede estar gastando 70 m³ en promedio de gasolina y dos ACPM se gastan veinte galones.

Se debe tener en cuenta que Santa Marta ha ido aumentando considerablemente su numero de habitantes y por ende se requiere de mejores servicios públicos y calidad de los mismos, esto hace necesario una mejor infraestructura, como es el diseño de plantas ubicadas en lugares adecuados para la disposición final y el tratamiento de los desechos.

10.8 Almacenamiento

El almacenamiento de los residuos sólidos es un tema al cual se le ha dedicado numerosos estudios en la literatura especializada. A nivel domiciliario, en Colombia, se usan dos tipos de prácticas comunes, la disposición en bolsas y la disposición en canecas.

En las ciudades como Bogotá debido a la disponibilidad de bolsas plásticas provenientes del mercado la práctica más usual es que ellas mismas cierran como forro a la caneca interna de la casa y luego esta se saca a un sitio especial para su recolección. En ciudades menores esta cultura se está implementando notablemente.

En nuestra ciudad, el almacenamiento de los desechos sólidos residuales se hace por lo general en bolsas negras que se comercializan en el mercado, también se realiza el almacenamiento en bolsas adquiridas cuando se realiza alguna compra (Bolsas Plásticas: Ley, Vivero, Sao, Carrefour, Etc). Otros objetos que se utilizan para la recolección de la basura serían los baldes, tanques de aceite, etc.

El almacenamiento de los desechos sólidos tiene mucha importancia porque esta es la principal fuente de olores desagradables, moscas, cucarachas y ratas. Los recipientes deben tener tapas ajustadas para minimizar estos problemas que afectan la salud pública.

Cuando existe separación de materiales en la fuente el problema de almacenamiento de los materiales se tiende a aumentar debido a que se requeriría un mayor espacio; sin embargo, se reduciría el nivel de contaminación y se podrían reciclar.

Este proyecto, sugiere desarrollar la separación en la fuente a través de bolsas plásticas negras y blancas siguiendo el programa de cultura ciudadana liderado por la alcaldía Distrital, ESPA e INTERASEO.

En la Bolsa Negra se depositaran:

- Residuos de Comida
- Residuos de Jardín
- Desechos Sanitarios
- Residuos Vegetales

En la Bolsa Blanca se depositaran:

- Vidrio
- Papel
- Cartón
- Plástico
- Metales

Sin embargo, en el manejo integral de los residuos sólidos domiciliarios existe una variada gama de posibilidades para procesar los residuos. Dentro de estas posibilidades se encuentran: la separación en diferentes componentes (en origen y en destino), como mencionamos en el parágrafo anterior, la reducción del volumen y/o tamaño, el tratamiento y la disposición final. La adopción de una o más alternativas deberá tener un fuerte respaldo técnico y económico que justifique la decisión, ya que en muchos casos, involucran inversiones y costo de operaciones elevado. Por tal razón se debe:

- Planificar lo que realmente se necesita en el hogar.
- Adquirir productos que tenga la menor cantidad de envolturas.
- Reutilizar bolsas o usar canastos para las compras.
- Separar la basura orgánica de la inorgánica. De esta manera podrá ser usada por otras personas.

10.9 Métodos de Aprovechamiento

Actualmente en la ciudad la recuperación y el reciclaje de basuras constituye la fuente principal de ingresos de una población en el sector popular constituida por recuperadores callejeros, zorreros, pequeños comerciantes y microindustriales.

Se puede afirmar sin embargo, que el sector popular que trabaja en los métodos de reciclaje carece de políticas, recursos apropiados y desconocimiento de la dinámica de esta actividad en la ciudad, lo cual no ha permitido desarrollar esta trabajo en todo su potencial.

Se estima que el total de toneladas diarias de desechos sólidos que ingresan al Relleno Sanitario de Palangana (300ton/día) y de hacerse en forma ordenada y con mejores condiciones de trabajo se podría recuperar alrededor de 25 toneladas diarias de papel, cartón, 20 toneladas de metales de hojalata, 7 toneladas de hueso y 32 toneladas de vidrio.

También vale la pena decir, que en Santa Marta no existen equipos especializados para realizar la recolección selectiva (columna vertebral del sistema – ver anexo). Actualmente en Santa Marta funcionan ocho centros de acopio, los cuales realizan estas actividades sin ninguna clase de apoyo.

10.10. Ubicación dentro de los planes de Ordenamiento Territorial

Dentro de los planes de Ordenamiento Territorial y desarrollo urbano pronosticados en la Ciudad de Santa Marta encontramos:

- Disposición de Residuos Sólidos y Líquidos:

Los residuos sólidos del Distrito presentan dos grandes líneas de producción: Los escombros y los residuos de basuras domesticas. Ante la carencia de una planta de tratamiento de residuos y de escombreras, y por los continuos inconvenientes generados por la ubicación del Relleno Sanitario del Distrito, deben establecer políticas claras de localización para la reubicación de las área de disposición final de estos desechos.

Se deben establecer sólidos controles de vertimientos de desechos líquidos y sólidos, como garantía de un ambiente sano para los habitantes, y en la mira de reducir la posibilidad de proliferación de enfermedades en la población, y consecuentemente, de conservar el estado de los recursos disponibles para el desarrollo.

- La Planta Incineradora de Basuras:

Se esta evaluando la viabilidad de la construcción de la planta incineradora de basuras para la producción de energía, que se localizaría según los estudios sobre la vía Alternativa al Puerto, la cual, en el futuro próximo, permitirá combinar dos alternativas complementarios de manejo de residuos sólidos, dentro de un riguroso programa de protección ambiental y de concertación con la ciudadanía. La construcción de dicha planta, estará condicionada a los resultados de los estudios técnicos, ambientales y económicos respectivos, los que deberán ser presentados a consideración del Concejo Distrital y del cual puede hacer parte esencial este estudio.

- Estaciones de Transferencia Previa a la Disposición Final de Basuras:

Establézcanse en los corregimientos de Minca y Guachaca, como solución de manejo de residuos sólidos en el área rural la conformación de dos (2) microestaciones de transferencia previa a la disposición final de residuos, en armonía con lo previsto en el Componente Rural del Plan de Ordenamiento

Territorial, las cuales funcionarán como lugar de acopio, almacenamiento y reciclaje de desechos, transfiriendo periódicamente al Relleno Sanitario o a la planta incineradora en el caso de que el proyecto salga adelante. Las microestaciones sugeridas serán administradas conjuntamente por la empresa de aseo de la ciudad y las comunidades organizadas.

- Control Ambiental en los Servicios Básicos:

Adóptense medidas de control que garanticen la oferta óptima de servicios básicos, agua apta para consumo humano, el saneamiento ambiental que demanda el manejo de residuos sólidos y líquidos a los asentamientos humanos y edificaciones hoteleras localizados en las áreas hasta donde la cobertura actual de servicios no llega, especialmente en el sector rural.

- Difusión y Capacitación sobre Desarrollo Sostenible:

Deberá impulsarse la generación y difusión. dentro de la comunidad, sector público y privado productivo de información sobre tecnologías sostenibles y sobre prevención y contaminación ambiental y desarrollar colateralmente, proyectos de educación ambiental dirigidos a prevenir y controlar el esparcimiento de los desechos sólidos sobre el sistema hídrico y el entorno .

10.11. Procedimiento General de Diseño del Sistemas de Aseo y Reciclaje Urbano Actual (RELLENO SANITARIO)

10.11.1 Relleno Sanitario (Descripción General)

Muchos funcionarios, seguramente para calmar su pena o vergüenza o su incapacidad para disponer finalmente los Residuos Sólidos Municipales, dicen que su “Botadero de Basura” es un Relleno Sanitario. Esto ha creado confusión dentro

de la población y es una de las razones por las cuales la comunidad no quiere tener cerca un sitio de esta naturaleza.

La Definición de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers, ASCE), ilustra sus principales características: “*Un relleno sanitario es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, utilizando principios de ingeniería, para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen hasta la mínima cantidad posible, para luego cubrir las basuras así depositadas diariamente por una capa de tierra al final de la jornada o tan frecuentemente como sea necesario*”.

Esta definición es clara, pero quizá deba ser complementada con la necesidad de manejar los gases y los lixiviados provenientes de las basuras y tomar en consideración los aspectos de tipo estético y las ventajas potenciales que brinda el método para recuperar terrenos o transformarlos para usos comunes.

Un relleno sanitario es entonces, el sitio donde se deposita la basura que produce una ciudad, población o zona habitada, de tal manera que mejorando el paisaje, que produzca el mínimo daño al ambiente y a la salud sometida al riesgo de sus efluentes. Es el sitio donde diariamente la basura se recibe, se riega, se compacta y se tapa, minimizando y tratando los gases y lixiviados que se produzcan. El relleno sanitario puede tener la posibilidad de recuperar terrenos alterados por la naturaleza, como los erosionados o los alterados por el hombre.

10.11.2 Tipos de Rellenos Sanitarios

- a. Relleno sanitario tipo área: Normalmente se emplea en terrenos relativamente planos con depresiones y hondonadas naturales o artificiales, tales como canteras abiertas producidas por la extracción de materiales como arcilla, arena y grava.

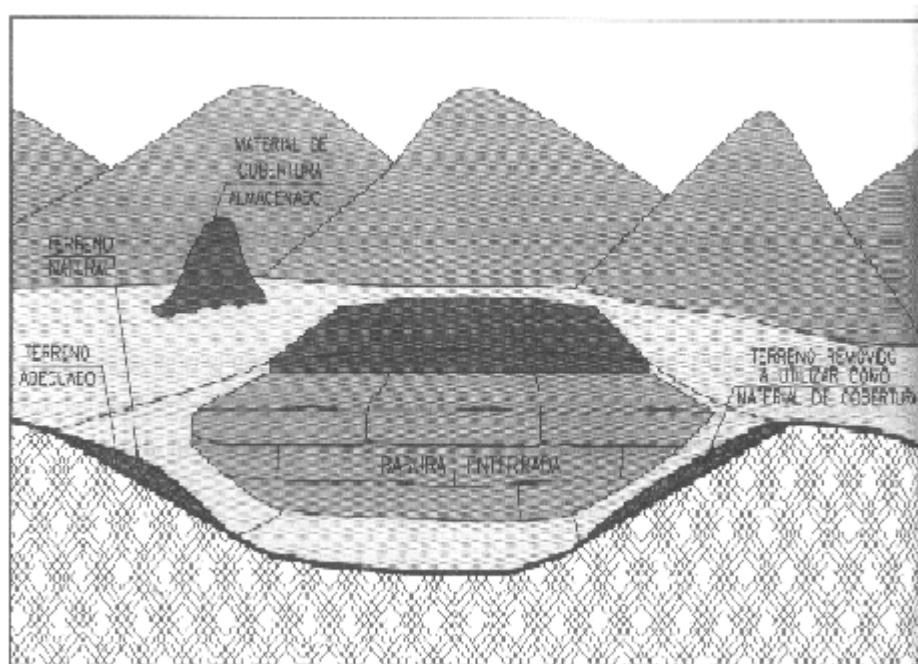


Figura 4: Relleno Sanitario Tipo Área

- b. Relleno sanitario tipo rampa: Se utiliza en terrenos con declives moderados, aun cuando puede diseñarse para ir formando escalones en terrenos de pendientes mas o menos pronunciadas, haciendo pequeñas excavaciones para lograr el material de recubrimiento.

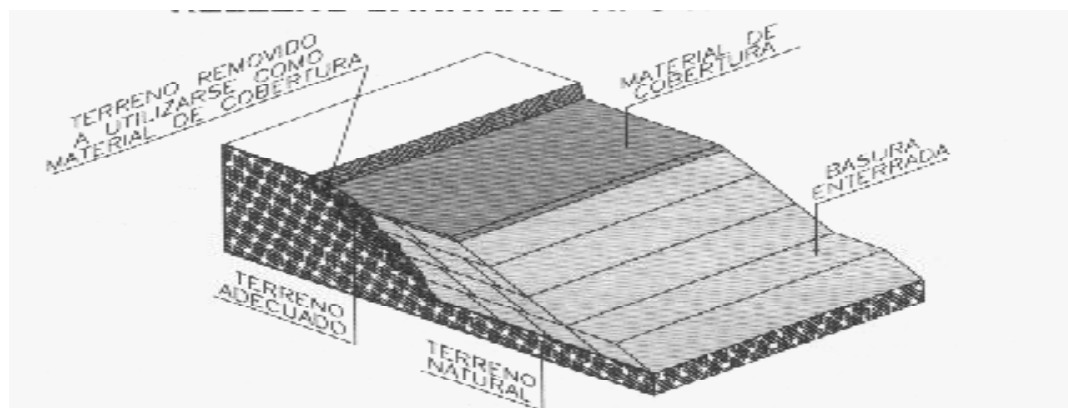


Figura 5: Relleno Sanitario Tipo Rampa

- c. Relleno sanitario tipo trinchera: Es una zanja o trinchera que se prepara antes de iniciar el vaciamiento de la basura. Este sistema se utiliza en terrenos planos y se puede construir la zanja totalmente antes de construir el relleno sanitario o diariamente de acuerdo con el avance que se obtenga.
- d. Relleno sanitario tipo combinado (área y rampa): Cuando los rellenos sanitarios son muy grandes, generalmente se construyen sobre grandes extensiones donde se encuentran muchas formas de terrenos y no se puede asegurar que es tipo área o rampa, sino una combinación de ellas.

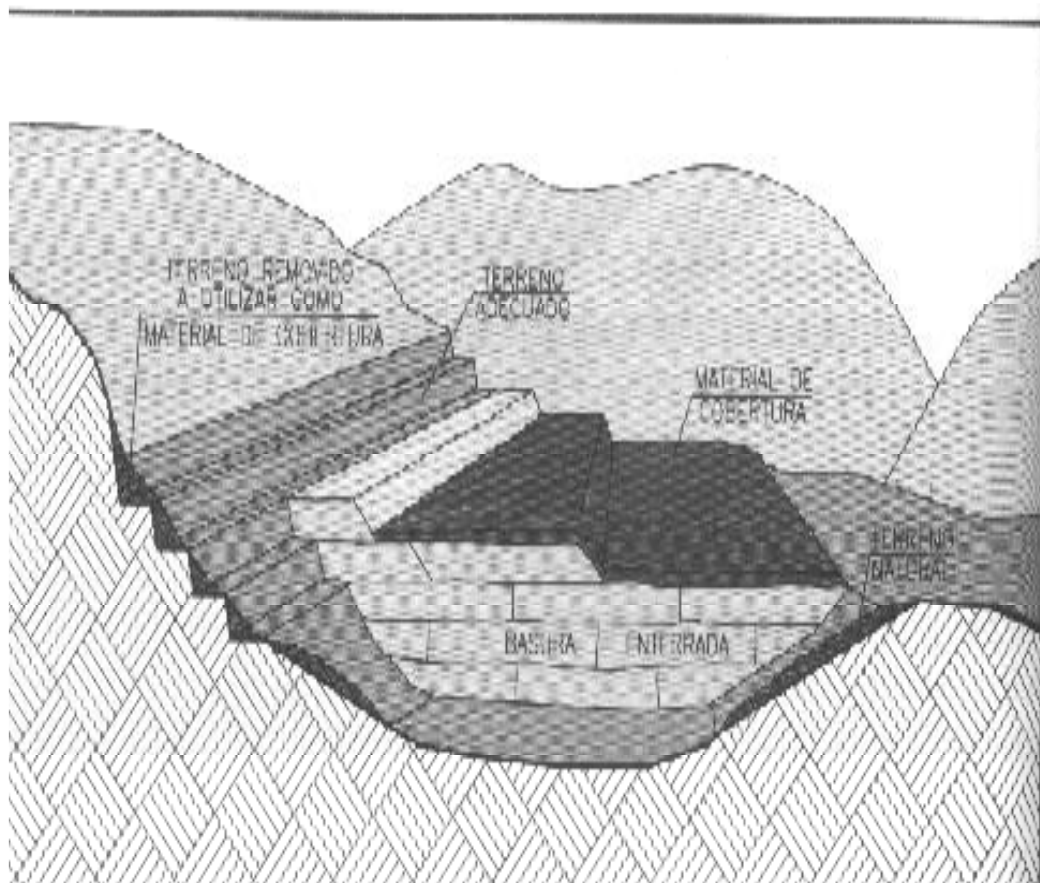


Figura 6: Relleno Sanitario Tipo Combinado (Área y Rampa)

10.11.3 Descripción general del Relleno Sanitario

Un relleno sanitario se compone básicamente de:

- a. *Zona de entrada y salida:* Integrada por la puerta principal del relleno sanitario, la caseta de registro y la báscula; en esta área el vehículo registra su entrada, se autoriza también su salida.
- b. *Sistema vial:* Este sistema está compuesto por vías principales, secundarias y temporales (industriales); las primeras tienen especificaciones como vías permanentes durante la vida útil del relleno sanitario; las secundarias sirven para periodos determinados y las temporales para llegar al Frente de Trabajo.
- c. *Playa de descargue:* Es el área de trabajo donde el carro de basura llega del Área de Entrada. Entra de frente a la playa de descargue y gira 180° para descargar en reversa.
- d. *Celda diaria:* Es el espacio en donde se coloca la basura del día. Tiene un frente una altura y un fondo; esta celda tiene un frente con una inclinación aproximada de 30°. Después de que el carro de basura deja su carga, un buldózer, riega la basura sobre el frente de la celda diaria en capas de 30 cm, la compacta las veces que sea necesario para alcanzar un peso específico de 0.7 T/m²
- e. *La basura:* La basura que queda dentro de la celda diaria en el relleno sanitario. Aquí empiezan los procesos de descomposición que pueden durar entre 15 a 20 años. En un principio la basura se descompone en un proceso aeróbico con el oxígeno que queda atrapado, con desprendimiento de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂) y otros gases menores; cuando se agota el oxígeno, el proceso se vuelve anaeróbico con desprendimiento de metano, bajas concentraciones

de gas carbónico, algunos mercaptanos y otros gases en pequeñas concentraciones.

- f. *Otras obras:* El relleno sanitario comprende otras obras complementarias tales como canales para el control de las aguas de escorrentía, el cubrimiento diario de las basuras, las mallas de protección para evitar que plásticos y papeles salgan del área de trabajo.

10.11.4 Importancia del Relleno Sanitario

- a. **Salud:** Evita la proliferación de insectos y roedores que son transmisores de enfermedades. Al reducirse la contaminación de los ríos y quebradas, la comunidad dispone de aguas de mejor calidad.
- b. **Medio ambiente:** Evita la contaminación del agua, del suelo y del aire.
- c. **Economía:** Evita la desvalorización de los sitios donde habitualmente se arrojan basuras. Reduce los costos de potabilización de las aguas al mejorar el estado sanitario de los ríos y ciénagas.
- d. **Estética:** Evita el deterioro del paisaje.
- e. **Turismo:** Favorece la buena presentación del municipio, permitiendo la promoción turística de la región.

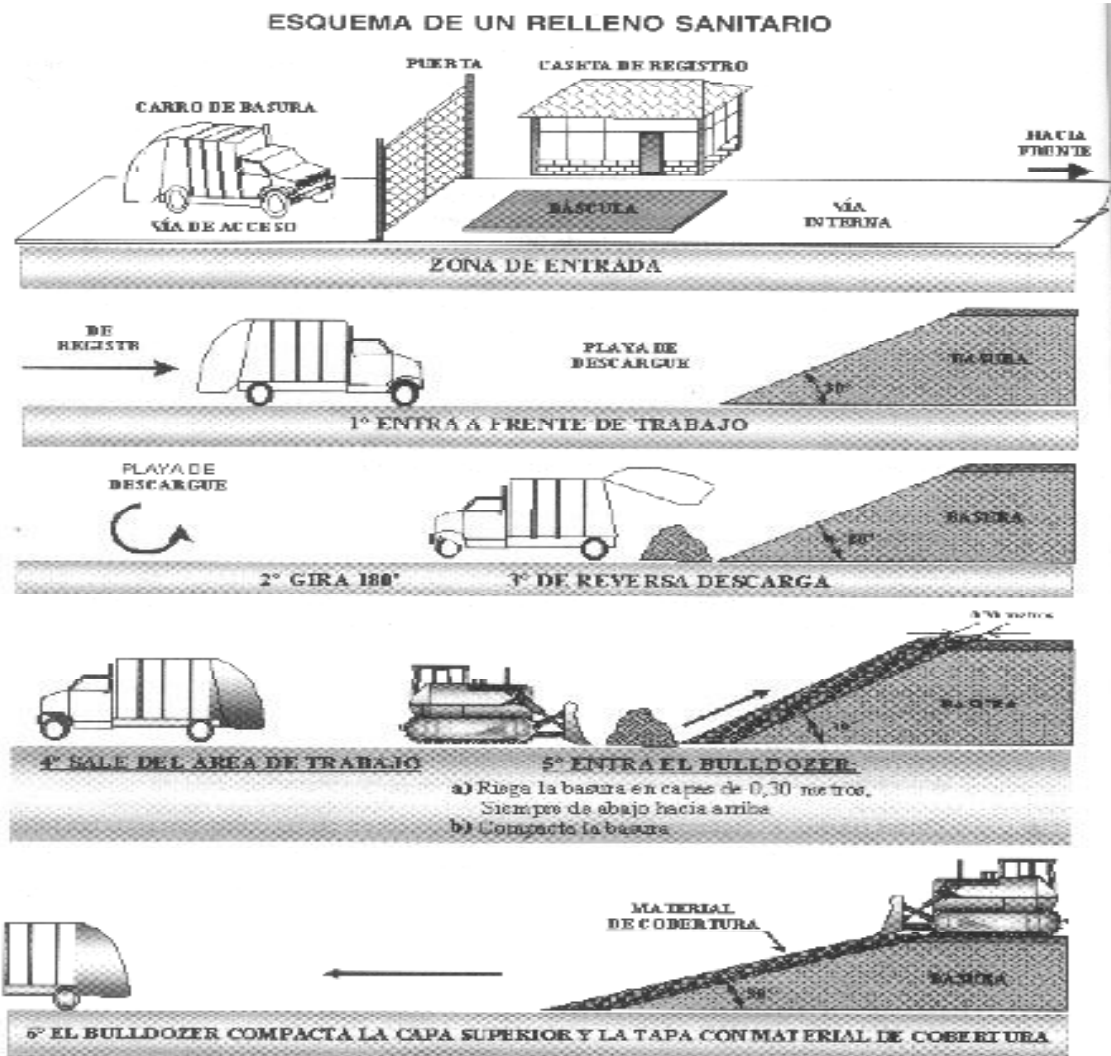


Figura 7: Esquema de un Relleno Sanitario

10.11.5 Ventajas y Desventajas del Relleno Sanitario

Ventajas

1. Es el método de disposición final más económico y sanitario.
2. Puede recibir cualquier tipo de residuos.

3. Una vez realizada la adecuación del terreno y las obras complementarias puede empezar a funcionar.
4. Requiere poco personal, herramientas de trabajo sencillo y es de fácil operación siempre y cuando se tenga la asesoría del personal técnico.
5. La inversión inicial de un relleno sanitario es muy baja, comparada con otros métodos utilizados.
6. El relleno es un método completo de disposición de residuos.
7. Cuando el relleno ha sido terminado se cuenta con un área disponible para muchos casos, tales como parques o campos polideportivos y aun para construcciones.

Desventajas

1. Por la generación de gases y malos olores, un relleno sanitario no debe ser cercano a la ciudad o sitios muy poblados, lo cual encarece los costos del transporte de los residuos.
2. Las operaciones de compactación y de cobertura deben ser diarias pues pueden convertirse en un botadero a cielo abierto.
3. Un relleno sanitario puede continuar por si mismo un proceso e asentamiento o compactación, lo cual requiere de mantenimientos periódicos y en todos los casos de inspecciones rigurosas.
4. La generación del gas metano, de otros gases y de malos olores, son prolongados y constituyen molestias para los futuros usos del relleno terminado.

10.12. Características del Relleno Sanitario de Palangana

Fecha de Inicio:	19 Junio de 2004
Vida Útil:	25 años
Nivel:	15 Niveles 4 Metros
Celdas:	4 x 5 x 15 Metros
Basura Depositada:	a 30 Septiembre de 2005 - 115.672.530 Toneladas
Movimiento en Tierra:	47.000 m ³
Impermeabilización:	Mecánica: (Arcilla Compacta) Sintética: (Geomembrana 40.000 Mils y Geotextil 3.000/2.000 Nt)
Filtros:	Canto Rodado 3" a 6", tubería novafort de 8" y 6"
Chimenea de Gases:	Malla gallinero, piedra y tubería sanitaria de 6".
Piscina Lixiviado:	Dos unidades de 4.500 m ³ y de 1.600 m ³
Manejo de Agua Lluvia Canales:	<ul style="list-style-type: none"> • Perimetrales: derecho e izquierdo (agua de la cuenca Hidráulicas) Canales. • Secundarios: Aguas Lluvias sobre el Relleno Sanitario y Protección de la piscinas de Lixiviados.

Tabla 14: Características del Relleno Sanitario de Palangana

10.13. Acciones Legales

INTERASEO S.A., la empresa privada que presta el servicio integral de aseo de residuos sólidos domiciliarios, que consta de recolección, barrido, limpieza de vías y áreas públicas, transporte y disposición final, se rigen bajo las siguientes normas y leyes, tales como¹⁵:

¹⁵ Interasero S.A. E.S.P. Reglamento del Servicio de Aseo.

- Capítulo V de la Constitución Política de Colombia “ De la finalidad social del estado y de los servicios públicos”.
- Ley 142 del 11 de julio de 1994, conocida como la Ley de los Servicios Públicos: “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”.
- Ley 632 de 2001, “Por la cual se modifican las Leyes 142 y 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996”.
- Ley 689 de 2001, “Por la cual se modifica parcialmente la ley 142 de 1994”.
- Decreto 605 del 27 de marzo de 1996:”Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo”.
- Decreto 1713 del 6 de agosto de 2002, “Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2001 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, el Decreto – Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de los Residuos Sólidos”.
- Resolución CRA 15 del 25 de julio de 1997, “Por la cual se establecen las metodologías de cálculo de las tarifas máximas con arreglo a las cuales las entidades tarifarias locales deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario de aseo y se dictan las disposiciones”.
- Resolución CRA 151 del 23 de enero de 2001, “Regulación integral de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo”.
- Resolución CRA 233 del 7 de octubre de 2003, “Por la cual se establece una opción tarifaria para los multiusuarios del servicio de aseo”.
- Resolución CRA 236 del 7 de noviembre de 2002, “Por la cual se establece la metodología para la realización de aforos a multiusuarios y se modifica la resolución 233 de 2002”.

10.14 Aspectos Ambientales

Desde el punto de vista del manejo de los desechos en el Distrito de Santa Marta, se ha encontrado una serie de focos de infección generados por la acumulación de desechos que se han hallado en los lotes, riberas de los ríos, algunas áreas públicas, etc., deteriorando las condiciones sanitarias de la ciudad.

Estos botaderos clandestinos son el vivero de insectos, roedores y otros animales que transmiten enfermedades al hombre. En el caso de las moscas pueden diseminar los gérmenes de la fiebre tifoidea, disentería vacilar y amibiana y otras. Los roedores transmiten la peste bubónica, leptospirosis, rabia, etc.

Desde el punto de vista ambiental, encontramos que los botaderos clandestinos ocasionan contaminación al medio ambiente por los vapores, humos, etc.; especialmente cuando hay quemas; al suelo por la presencia de todos los desechos y la combinación de los mismos; a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas principalmente cuando reciben directamente los desechos sólidos; por la descomposición de los mismos, también afectan el paisaje por las quemas que se ven, la presencia de animales y gallinazos, contribuyendo con esto a una devaluación de los predios.

Todas estas circunstancias se venían presentando en Santa Marta, en la actualidad han disminuido pero aún quedan algunos focos contaminantes, generados por manos inescrupulosas que hacen caso omiso al servicio que se les presta; sin embargo, se vienen desarrollando campañas educativas tendientes a corregir y mejorar estos aspectos.

La situación más grave se presentaba en el lugar de disposición final, donde se tiene un Relleno Sanitario con un tratamiento y control de desechos de manera ineficiente, por lo que se presentaba condiciones extremas de contaminación ambiental proliferación de insectos y roedores. Todo esto ha venido disminuyendo con el proceso de enterramiento que se le vienen dando a los desechos que allí se depositan y a los que existían 15 años atrás¹⁶.

¹⁶ Hoy Diario del Magdalena, Edición Febrero de 2006.

11. ANÁLISIS BRECHA

11.1. Problemática Causas y Consecuencias

➤ Generación Creciente de Residuos

Estrategias de mercadeo y sistemas de producción insostenible que inciden sobre consumo de la población. Incapacidad financiera de para la adopción de tecnologías limpias Ausencia de compromiso de los sectores productivos en la generación, manejo y disposición de residuos post consumo



➤ Practicas Inadecuadas de Disposición Final

Disposición de residuos sólidos en rondas de ríos y baldíos La disposición de todo tipo de residuos en el relleno sanitario disminuyendo la vida útil e incrementando la producción de lixiviados y gases. La formación de asentamientos humanos alrededor del botadero de Veracruz Acumulación de sustancias contaminantes en el suelo y en los cuerpos de agua por botaderos a cielo abierto

➤ **Manejo Inadecuado de Residuos Sólidos**

Falta de aplicación de la política de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Deficiencia del servicio de recolección y transporte de escombros Áreas rurales y subnormales sin servicio de aseo Concepción del servicio de aseo como recolección y disposición final vinculada a rellenos sanitarios o botaderos.

➤ **Falta de Educación y Participación Ciudadana**

Baja sensibilización ciudadana sobre el impacto que generan los residuos en la calidad de vida y en los recursos naturales El sistema formal, no formal e informal carece de programas de gestión de residuos y la cátedra ambiental es dispersa Actitud pasiva de la comunidad ante la disposición a cielo abierto o botaderos satélites. Desconocimiento de técnicas y tecnologías de aprovechamiento de residuos sólidos y la ausencia de sistemas de información



➤ **Bajo Desarrollo Institucional del Sector**

Deficiente coordinación institucional para la Gestión Integral de los residuos sólidos entre las entidades competentes que facilite el proceso de planificación, ejecución, vigilancia y control Escasos recursos económicos en la administración Distrital y en las autoridades ambientales Deficiencia en la generación, uso, disponibilidad y acceso a la información requerida para el establecimiento de programas y proyectos del PGIRS

➤ **Desconocimiento sobre la Gestión de los Residuos Hospitalarios, Especiales y Peligrosos**

Desconocimiento de los generadores, cantidad y calidad de estos residuos. Debilidad en el control y seguimiento a los posibles generadores de estos residuos y sus consecuencias sobre los recursos naturales y la población. Disposición de residuos en cuerpos de agua y enterramientos de residuos clandestinos. Desconocimiento en la aplicación de tecnologías para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de estos residuos.



13. DIAGNOSTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA

La biomasa es la fuente renovable de mayor potencial en muchos países europeos cuantificándose los recursos en 37.2 Mtemp, lo que equivale a una cantidad superior todo el consumo energético de la industria latinoamericana. En los últimos años se han realizado un gran número de instalaciones para su aprovechamiento, pero aún estamos lejos de alcanzar el nivel de países como Francia, quien es líder de la Unión Europea (UE), en el que seis millones de hogares utilizan la madera como fuente de energía.

En 1998 las energías renovables representaron el 10.7% del total de energía primaria consumida y de aquella la biomasa supuso el 63.6%.

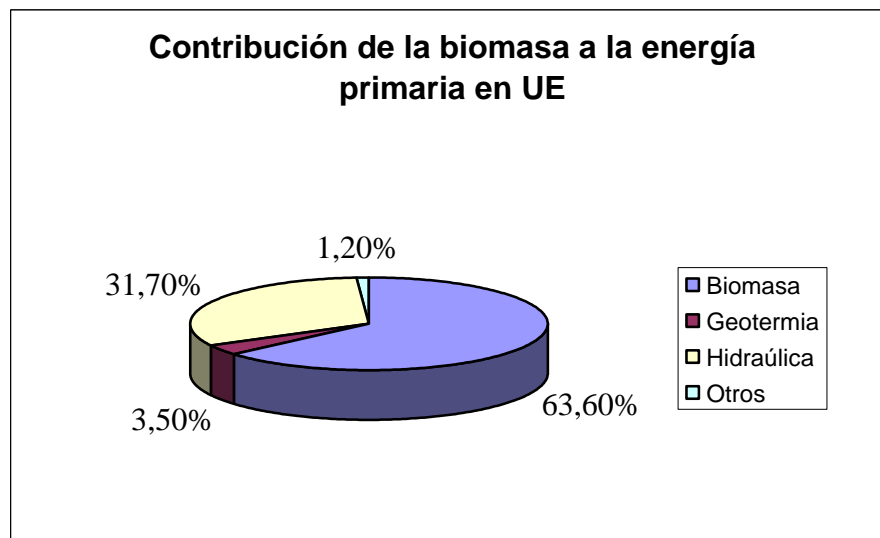


Grafico2: Contribución de la Biomasa a la Energía primaria en UE

Por otra parte se aprecia que la contribución de la biomasa en el uso térmico es del 98%.

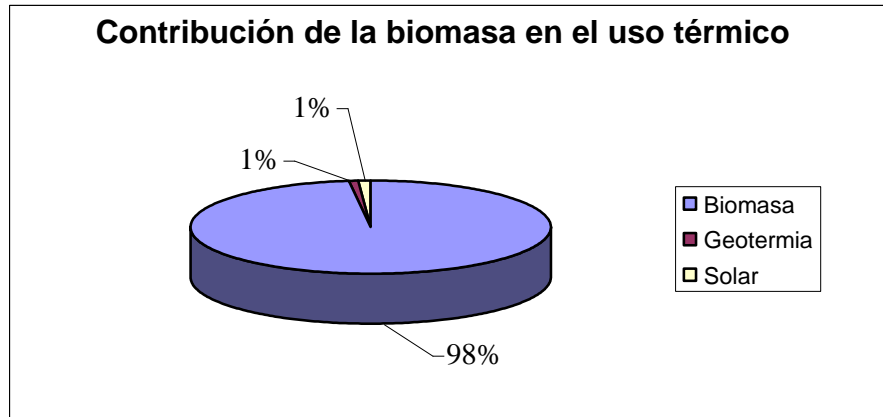


Grafico 3: Contribución de la Biomasa en el Uso Térmico

Mientras que la participación de la biomasa para la producción de la energía eléctrica es del 8%.

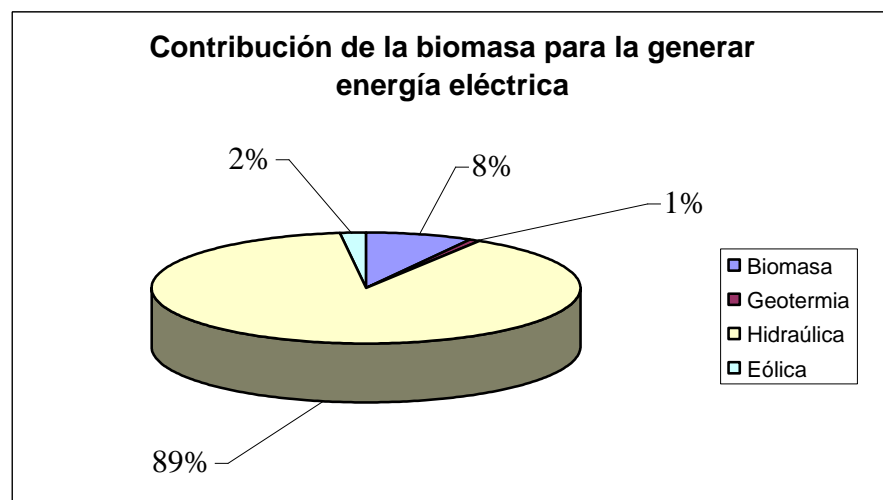


Grafico 4: Contribución de la Biomasa para Generar Energía Eléctrica

La biomasa representa uno de los vectores energéticos más importantes en el mundo. A nivel mundial, uno de los ejemplos más destacados en el aprovechamiento de la biomasa es el de Brasil, con la obtención de alcohol industrializado por fermentación. En 1976 el gobierno brasileño decidió dejar de ser el mayor importador de petróleo entre los países en desarrollo y se embarcó en un programa para la producción masiva de etanol, a partir de melazas de caña de azúcar o de la pulpa de mandioca para ser utilizado como carburante. Actualmente se producen entre 3 y 5 millones de m³ de etanol por año. Gran parte del etanol se mezcla con gasolina y constituye el 20% del combustible que utilizan los automóviles, con el consiguiente ahorro de energía total (gasolina).

12.1 Datos Generales sobre las Características de la Población que se atenderá

Para tener un concepto general sobre la población que será atendida, se requiere conocer información básica sobre ella, como:

- ✓ Características de la población
- ✓ Capacidad económica de la población, costumbres, hábitos y expectativas con respecto a los residuos sólidos.
- ✓ Tendencias de urbanización.
- ✓ Densidad poblacional

Ha de tenerse muy en cuenta que el servicio de manejo de residuos sólidos es similar a otros servicios públicos: acueducto, alcantarillado, teléfono, energía y cualquier otro. Por tanto, mucha de la información requerida puede encontrarse buscando las fuentes en la organización existentes sobre servicios públicos o en entidades como en Oficinas de Planeación, Valorización, Departamento Nacional de Estadística (DANE), Empresas de Servicios Públicos y otros. En los anexos encontraremos un resumen detallado de este Diagnostico. *(Ver anexo 7)*

12.2 Cantidad de Basura producida por la Población atendida

El primer problema que se presenta en cuanto a los residuos sólidos, es conocer cuanta basura y de que tipo se produce en la ciudad. El conocimiento de esta información permite establecer, entre otros, la necesidad de material para la sostenibilidad de la planta y prestación oportuno del servicio.

Así como el problema que se presenta en la producción de basuras, la solución debe ser prioritaria en ese sentido. Es necesario conocer en detalle las características de la producción para estudiar la posibilidad de manejarla adecuadamente y emplearla posteriormente para la generación de energía en nuestra planta.

Es también importante relacionar la cantidad de basura producida, con los productores. De aquí surge el concepto de **producción por habitante**; sin embargo, la unidad de medida puede ser además del habitante, la vivienda y surge el concepto de **producción por vivienda**.

$$R = \frac{Y}{X}, \text{ donde:}$$

R: ppv (producción por vivienda)

Y: Cantidad total de basuras en peso (kg) producida en un día, por un número de viviendas X.

X: Número de viviendas que en un día produjeron Y cantidad de basuras.

R de acuerdo a nuestra conveniencia la hemos calculado para un intervalo de 1'000.000 a 50.0000 habitantes deduciendo la cantidad de basura Y producida en un día y el número de viviendas X que la producen.

Tamaño de la ciudad (habitantes)	pph (kg/hab-día)	ppv (kg/vivienda-día)
> 1'000,000	0,8	4
< 1'000,000 y > 500,000	0,7	3,6
< 500,000 y > 100,000	0,5	2,6
< 100,000 y > 50,000	0,4	2,1
< 50,000	0,3	1,6

Tabla 15: Disposición de basura por habitante (pph) y por vivienda (ppv)

12.3 Cantidad de Basura Recolectada

Este dato se refiere a la cantidad real (no programada) de basura recolectada en un día. La relación entre la basura recolectada y la producida, es la cobertura del servicio de recolección en la ciudad.

Obtener la Disposición sobre la basura recolectada es sencillo, se pesan, por lo menos durante una semana, todos los carros que transportan basuras antes de llegar al lugar de Disposición final.

Si un vehículo hace varios viajes en un día, se adicionará al Número del Vehículo el número de viajes (viaje 1, viaje 2, etc). Al final sumando cada día, se tendrá la Disposición sobre la cantidad de basura que llega al lugar que ese esté empleando como Disposición final.

CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA						
SEMANA DEL _____ AL _____						
VEHÍCULO No.	PESO NETO EN TONELADA					
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO

Tabla 16: Cantidad de basura recolectada

El promedio de la basura recolectada será entonces la suma del peso recogido de lunes a sábado, dividido entre 6, debido a que en la ciudad de Santa Marta el día domingo no se hace recolección.

Para nuestro caso y según los reportes estadísticos suministrados por la empresa de recolección de la ciudad INTERASEO la cantidad de residuos sólidos recolectados equivale a 8.320 Ton/ Mes de los cuales el 64,9 % corresponde a residuos sólidos orgánicos.

12.4 Cobertura del Servicio

Normalmente la cobertura se mide en términos de habitantes servidos, divididos por el total de habitantes. Esto técnicamente es correcto, pero se especula muy frecuentemente con el numerador, induciendo a errores, porque no se define que es un habitante servido. Como la basura se recoge con una frecuencia determinada, por ejemplo dos veces a la semana,

entonces, la cobertura tendría una eficiencia de 1; en caso que se recoja 1 vez a la semana será de 0.5; si se recoge cada 15 días será 0.25. El mejor indicador en un periodo dado, es el siguiente:

$$\frac{BasuraRecogida}{BasuraProducida} \times \frac{Frec.Real}{Frec.Teórica}$$

Una ciudad como Santa Marta se caracteriza por dividirse en varias comunas o sectores; sin embargo manifiesta una frecuencia de recolección de dos veces a la semana, es por esta razón que la cobertura del servicio equivaldría a 1.

La cobertura de recolección de acuerdo al número de usuarios por estrato la describiremos a continuación:

Estrato Socio - Económico	Cobertura de Recolección
Estrato 1	0,10
Estrato 2	0,12
Estrato 3	0,27
Estrato 4	0,09
Estrato 5	0,03
Estrato 6	0,12
Sector Comercial	0,14
Total	0,87

Tabla 17: Cobertura de recolección por estrato socio - económico

12.5 Selección de los Residuos a Incinerar

El análisis elemental y el poder calorífico de los residuos domiciliarios nos ayudan a determinar cuales de estos nos sirven para la generación de energía. A continuación se presenta la tabla con estos datos y del cual se concluye cuales son los principales residuos que podemos emplear para este fin.

Categoría	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Oxígeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)	Incombustible (%)	PC (Kcal/Kg)
Cartón	45,52	6,08	44,53	0,16	0,14	3,57	4150
Periódicos	48,36	6,13	42,3	0,14	0,11	2,96	4590
Papeles varios	44	6,15	41,65	0,43	0,12	7,65	4330
Plásticos	67,21	9,72	15,82	0,46	0,07	6,72	3694
Otros (cueros, etc)	47,7	6,04	24,06	1,93	0,55	19,72	3300
Jardín	36,2	4,75	26,61	2,1	0,26	30,08	4465
Tejidos	46,19	6,41	41,85	2,18	0,2	3,17	3492
Madera	48,3	5,97	42,44	0,29	0,11	2,89	4576
Vidrio	0,52	0,07	0,36	0,03	0	99,02	42
Metales	4,54	0,63	4,28	0,05	0,01	90,49	402

Tabla 18: Relación del poder calorífico

Se puede decir entonces que los residuos que pueden ser incinerados debido al poder calorífico que presentan son: Residuos de jardín, Productos de papel siempre y cuando este no haya sufrido un tratamiento previo en el cual se halla utilizado algún tipo de sustancia tóxica, Maderas y Cartón.

En Santa Marta las proporciones de residuos generados son las siguientes:

Categoría	Cantidad (%)	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Oxígeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)	Incombustible (%)	(Kcal/Kg) %
Cartón	3,15	45,52	6,08	44,53	0,16	0,14	3,57	0,18
Papeles varios	2,55	44	6,15	41,65	0,43	0,12	7,65	0,06
Plásticos	6,99	67,21	9,72	15,82	0,46	0,07	6,72	0,19
Otros (cueros, etc)	0,99	47,7	6,04	24,06	1,93	0,55	19,72	0,03
Vidrio	3,01	0,52	0,07	0,36	0,03	0	99,02	7,17
Metales	1,73	4,54	0,63	4,28	0,05	0,01	90,49	0,43

Tabla 19: Relación del poder calorífico de los residuos en Santa Marta

12.6 Generación de Calor

Inicialmente hemos desarrollado un estudio técnico previo para ver la factibilidad de establecer un sistema de recuperación del calor producido por el proceso de incineración.

Los parámetros técnicos importantes de los residuos que deben tenerse en cuenta al realizar este tipo de estudios son:

1. Contenido de energía (poder calorífico)
2. Contenido de humedad

12.6.1 Contenido de Energía (Poder Calorífico de los Residuos)

El poder calorífico de los residuos puede obtenerse de acuerdo con el nivel de vida y la situación de la zona que aporta los residuos que van incinerarse. El poder calorífico es parámetro fundamental cuando la gestión de los residuos pasa por su incineración, ya que es el que define la energía liberada en la combustión del residuo e influye por lo tanto de forma fundamental en el tamaño de la cámara de combustión.

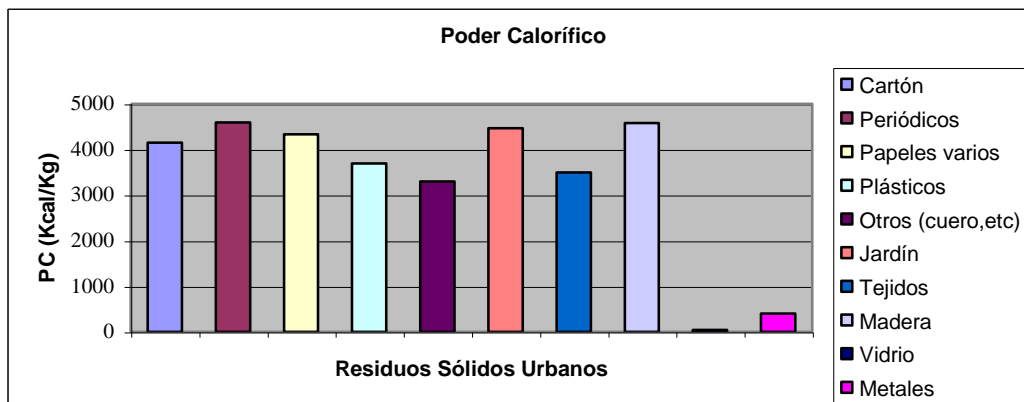


Grafico 5 : Poder Calorífico de los residuos

12.6.2 Análisis de Material Volátil, Cenizas, Carbón Fijo y Humedad

Los volátiles están formados por hidrocarburos de cadenas largas (C_nH_m), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2) acompañado además por residuos carbonosos y vapor de agua. El contenido en volátiles de la biomasa suele ser muy alto, entre un 65 – 85%, por lo que 2/3 de su poder calorífico puede estar contenido en ellos. Se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\%vol = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Donde:

m_i : Cantidad inicial de biomasa

m_f : Residuo resultante de la biomasa

La cantidad de ceniza se establece sometiendo la muestra en un horno mufla a 800°C durante 5 minutos y se determina mediante la ecuación:

$$\%cen = \frac{m_e}{m_i} \times 100$$

Donde:

m_i : Cantidad inicial de biomasa

m_e : Residuo resultante de la biomasa.

El porcentaje de cenizas es bajo y dependiendo del tipo de biomasa está comprendido entre el 0.5 – 5%. Los precursores de estas cenizas son las partículas de mineral discretas, las inclusiones en la biomasa de partículas de mineral y los elementos inorgánicos asociados a la materia orgánica.

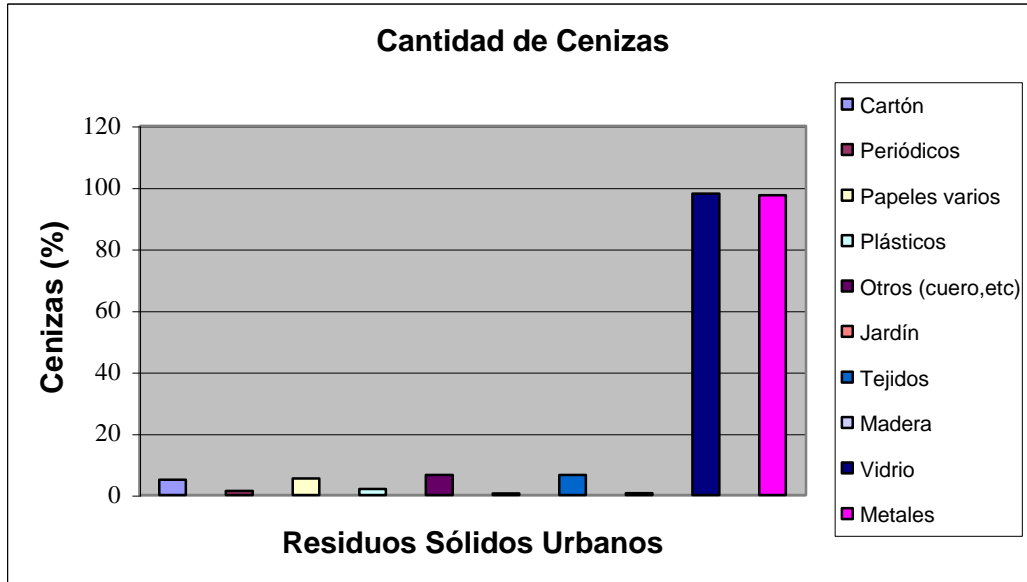


Grafico 6: Cantidad de Cenizas en los residuos

El carbón fijo se obtiene por diferencia, así:

$$\%C = 100 - \%vol - \%cen$$

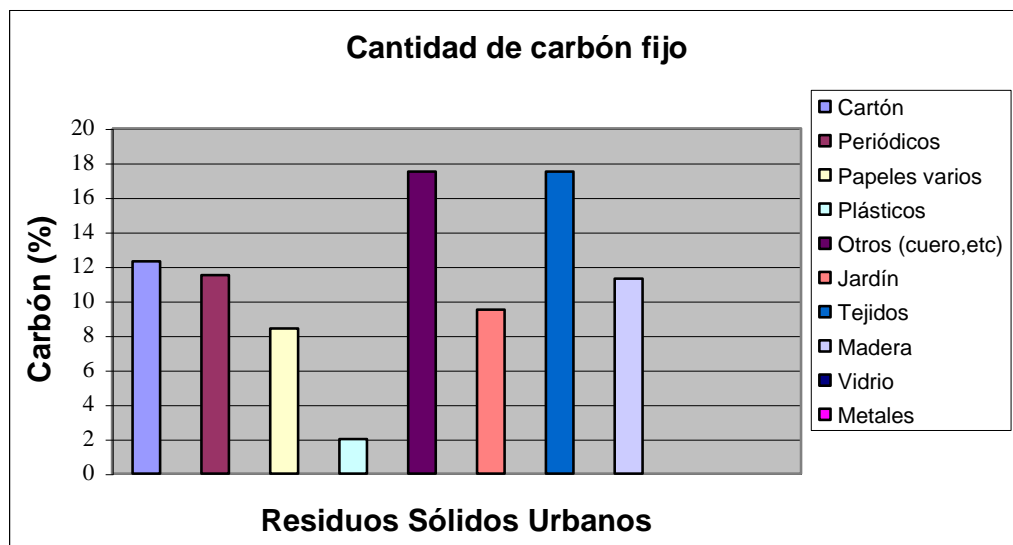


Grafico 7: Cantidad de Carbón fijo en los residuos

La humedad es la cantidad de agua que posee la biomasa. Se determina sometiendo la muestra a una temperatura de 105°C hasta que alcance un peso constante y por diferencia entre la masa inicial de la muestra y la final.

$$H_h = \frac{H_s}{H_s + 100} \times 100 \text{ (humedad en base húmeda)}$$

$$H_s = \frac{H_h}{H_h - 100} \times 100 \text{ (humedad en base seca)}$$

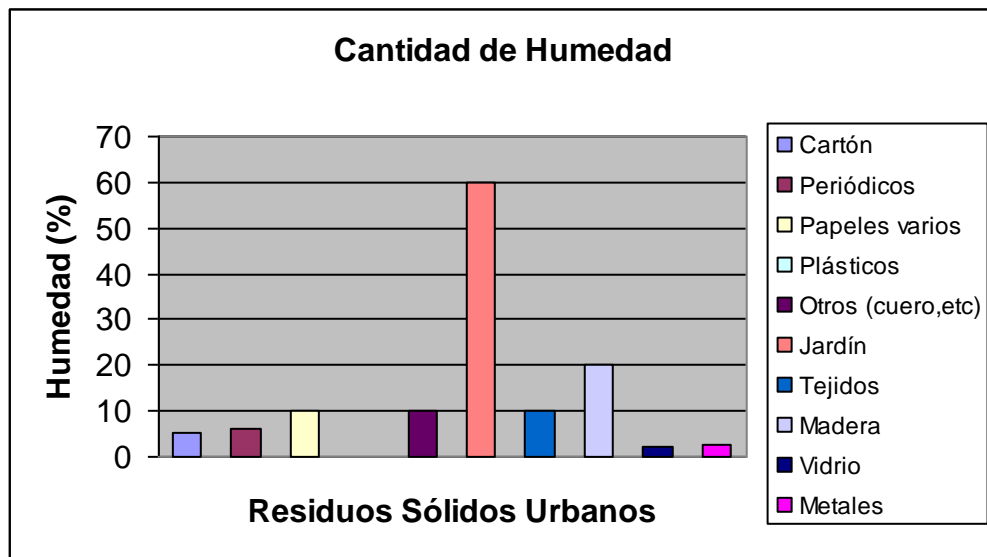


Grafico 8: Cantidad de Humedad

A continuación se consignan en la siguiente tabla los porcentajes de humedad, material volátil, carbón fijo y cenizas que presentan los Residuos Sólidos Urbanos:

Categoría	Humedad (%)	Volátiles (%)	Carbón fijo (%)	Cenizas (%)	PC (Kcal/Kg)
Cartón	5,2	77	12,3	5	4150
Periódicos	6	81	11,5	1,4	4590
Papeles varios	10,2	76	8,4	5,4	4330
Plásticos	0,2	95	2	2	3694
Otros (cuero, etc)	10	66	17,5	6,5	3300
Jardín	60	30	9,5	0,5	4465
Tejidos	10	66	17,5	6,5	3492
Madera	20	68	11,3	0,6	4576
Vidrio	2	0	0	98	42
Metales	2,5	0	0	97,5	402

Tabla 20: Porcentajes de humedad, material volátil, carbón fijo y cenizas

12.6.3 Determinación de Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, Oxígeno, Azufre y Cenizas

Los elementos mas importantes para la transformación de energía de los residuos son: Carbono (C), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Oxígeno (O), Azufre(S) y Cenizas. Es importante conocer la composición química y el análisis final para los procesos de residuos a energía ya sea por combustión o transformación biológica.

Categoría	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Oxígeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)	Cenizas (%)	PC (Kcal/Kg)
Cartón	45,52	6,08	44,53	0,16	0,14	3,57	4150
Periódicos	48,36	6,13	42,3	0,14	0,11	2,96	4590
Papeles varios	44	6,15	41,65	0,43	0,12	7,65	4330
Plásticos	67,21	9,72	15,82	0,46	0,07	6,72	3694
Otros (cuero, etc)	47,7	6,04	24,06	1,93	0,55	19,72	3300
Jardín	36,2	4,75	26,61	2,1	0,26	30,08	4465
Tejidos	46,19	6,41	41,85	2,18	0,2	3,17	3492
Madera	48,3	5,97	42,44	0,29	0,11	2,89	4576
Vidrio	0,52	0,07	0,36	0,03	0	99,02	42
Metales	4,54	0,63	4,28	0,05	0,01	90,49	402

Tabla 21: Porcentajes de Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, Oxígeno, Azufre y Cenizas

A continuación presentamos los gráficos de interpretación de cada elemento:

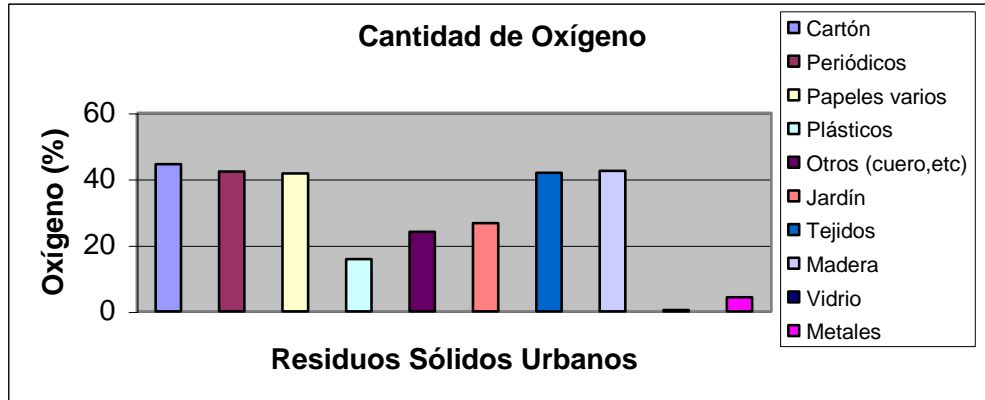


Gráfico 9: Cantidad de Oxígeno

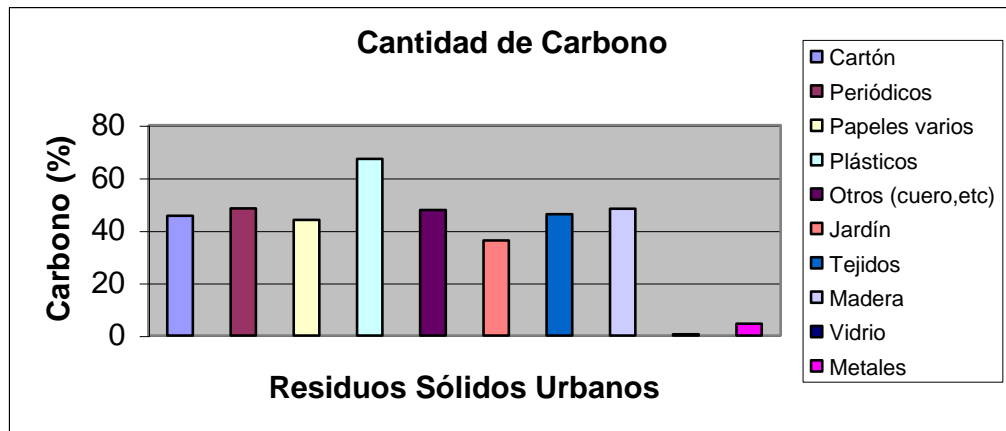


Gráfico 10: Cantidad de Carbono

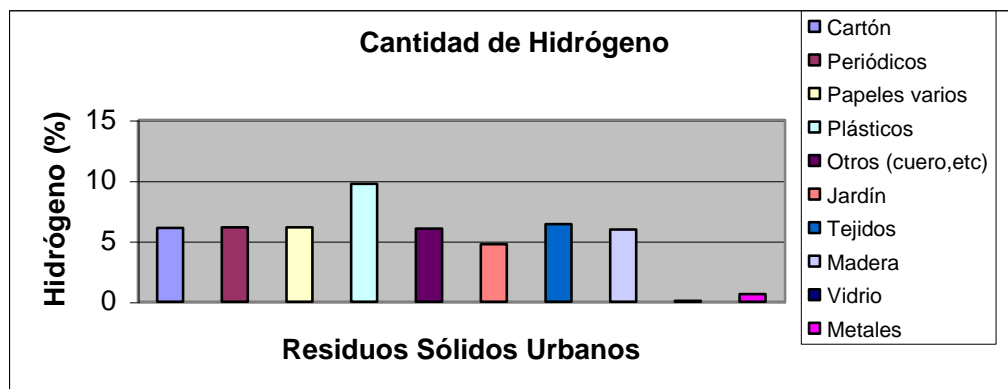


Gráfico 11: Cantidad de Hidrógeno

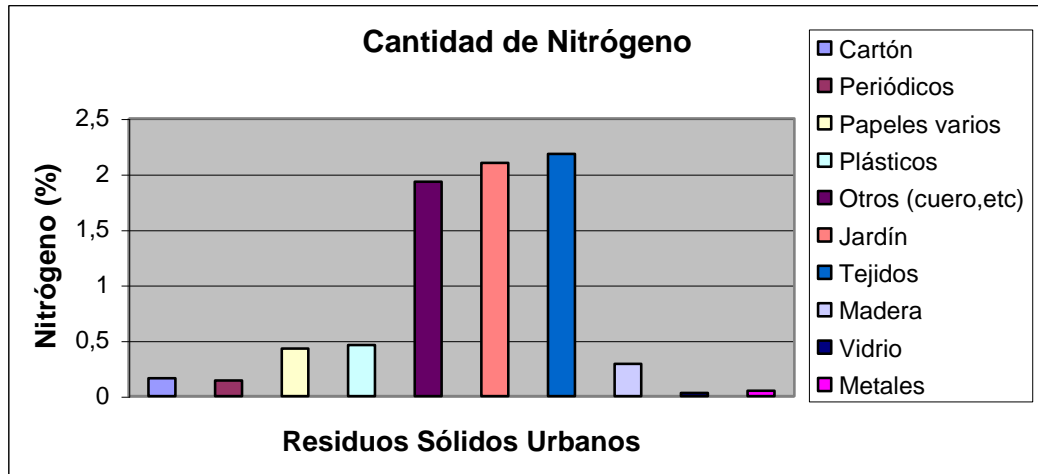


Gráfico 12: Cantidad de Nitrógeno

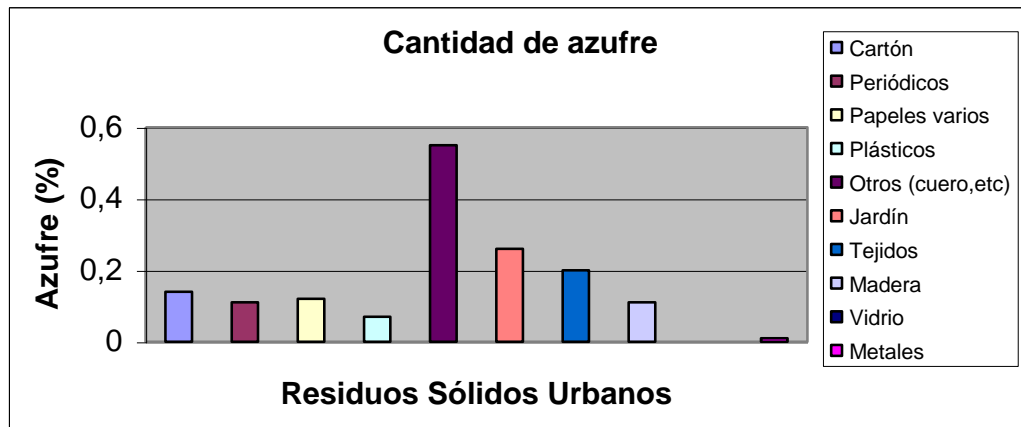


Gráfico 13: Cantidad de Azufre

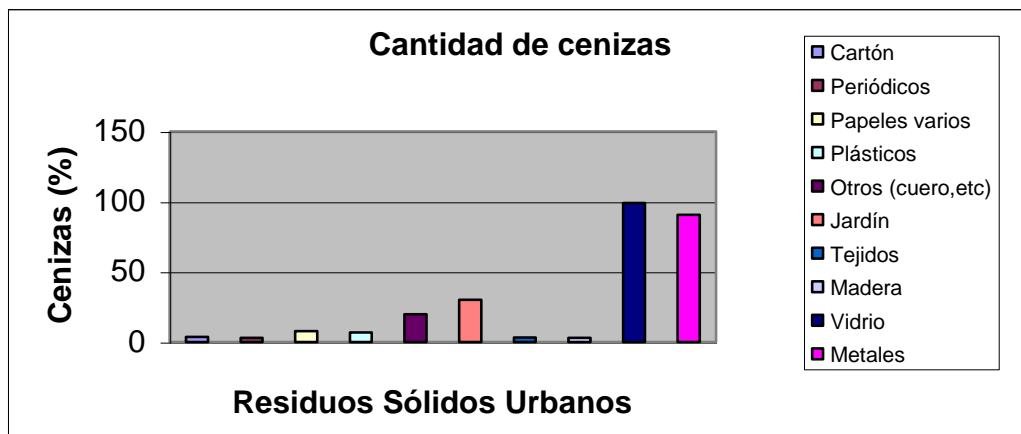


Gráfico 14: Cantidad de Cenizas

12.7 Reducción de la Cantidad de Residuos

En principio la incineración de residuos es parecida a la combustión de otros combustibles sólidos como carbón, madera, etc. En la práctica, los residuos se diferencian de los otros combustibles sólidos en el hecho que no son homogéneos y poseen más agua que el carbón y la madera. En algunos casos, esto se resuelve transformando el residuo en pastillas llamadas RDF (Combustible derivados de residuos). Como resultado del proceso de incineración de residuos sólidos debe lograrse como mínimo una reducción en volumen de los residuos del 90%

12.8 Emisiones de los Contaminantes del Proceso de Incineración

Después de desarrollar el estudio técnico previo para ver la factibilidad de establecer un sistema de recuperación del calor producido por el proceso de incineración se hace necesario realizar un análisis de riesgo para determinar los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes. Para la estimación de las emisiones hemos utilizado los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA AP-42). A continuación presentamos los valores recomendados sobre dichos niveles de acuerdo a la situación atmosférica de nuestra ciudad.

1. Partículas: 50 mg/m
2. Óxidos de nitrógeno (Expresados como dióxido de nitrógeno): 350 mg/m
3. Óxidos de azufre (Expresados como dióxido de azufre): 100 mg/m
4. Monóxido de carbono: 50 mg/m
5. Ácido clorhídrico (HCl): 50 mg/m
6. Ácido fluorhídrico (HF): 2 mg/m
7. Sustancias orgánicas expresadas como carbono total: 20 mg/m

8. Opacidad: 10%
9. Dioxinas y furanos: 1×10^{-5} mg/m
10. Metales pesados
 - a) Cadmio y sus compuestos (Cd): 0.2 mg/m
 - b) Mercurio y sus compuestos (Hg): 0.2 mg/m
 - c) Talio y sus compuestos (Tl): 0.2 mg/m
 - d) Arsénico y sus compuestos (As): 1 mg/m
 - e) Cobalto y sus compuestos (Co): 1 mg/m
 - f) Níquel y sus compuestos (Ni): 1 mg/m
 - g) Telurio y sus compuestos (Te): 1 mg/m
 - h) Selenio y sus compuestos (Se): 1 mg/m
 - i) Plomo y sus compuestos (Pb): 5 mg/m
 - j) Antimonio y sus compuestos (Sb): 5 mg/m
 - k) Cromo y sus compuestos (Cr): 5 mg/m
 - l) Cobre y sus compuestos (Cu): 5 mg/m
 - m) Manganeso y sus compuestos (Mn): 5 mg/m
 - n) Platino y sus compuestos (Pt): 5 mg/m
 - o) Paladio y sus compuestos (Pd): 5 mg/m
 - p) Rodio y sus compuestos (Rh): 5 mg/m
 - q) Vanadio, Estaño y sus compuestos (V), (Sn): 5 mg/m

12.9 Residuos de la Incineración

Con respecto a este tema sugerimos que las cenizas residuales, el material articulado del sistema de remoción y los gases residuales del sistema de remoción en forma de líquidos o sólidos deben ser eliminados, reutilizados o reciclados por parte de la planta mediante métodos avalados por la autoridad ambiental, de tal forma que no afecten al medio ambiente, los recursos naturales renovables ni la salud de las personas.

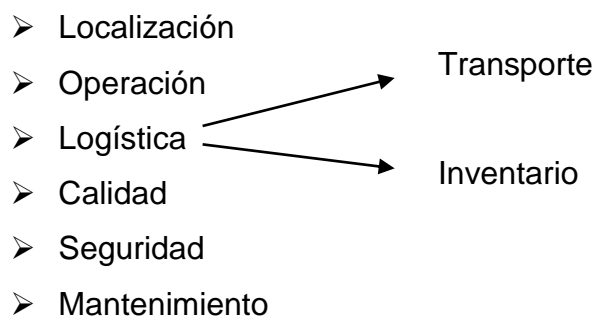
13. DESPLIEGUE PRACTICO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO A PARTIR DE LA METODOLOGIA QFD (FASE I Y FASE II)

13.1 Modelo de Diseño

Como método de diseño, no existe un modelo preestablecido para aplicar QFD a todos los casos. Sin embargo, para llevar a cabo el diseño de la planta hemos partido por el conocimiento del mercado, los recursos y las especificaciones técnicas requeridas de acuerdo a las normativas vigentes. Es decir, hemos iniciado con una etapa de definición del producto o servicio que se ha de prestar con el fin de alcanzar los siguientes objetivos¹⁷:

1. Lograr un claro entendimiento de las necesidades que se quieren satisfacer con el diseño de la planta.
2. Trasladar estas necesidades a requerimientos de ingeniería.
3. Traducir los requerimientos de ingeniería a diseños conceptuales.

Estos diseños conceptuales a los cuales nos referimos van ligados a los siguientes parámetros:



¹⁷ CUATRECASAS, Luis. Gestión Integral de la Calidad. Editorial Gestión 2000.com. Barcelona, 2001

13.2 Especificaciones de Diseño

El núcleo del QFD es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (Que's) con las características técnicas necesarias para satisfacerlos (Como's). Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada llamada "matriz de la calidad"

En nuestro caso los requerimientos del cliente serán los especificaciones técnicas necesarias para la instalación y funcionamiento de la planta (Que's) y los como's estarán constituidos por los medios necesarios para satisfacerlos de acuerdo a los principios básicos de la calidad y la producción limpia.

Los Que's se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad y los Como's, en la horizontal. Tanto los primeros como los segundos suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles, según su grado de abstracción. Los valores de importancia de cada Que, su relación con los Como's y el nivel de ponderación; corresponden a los datos obtenidos durante el proceso de investigación.

Se ha desarrollado una matriz para cada componente de la planta con el objeto de no obviar detalles y manejar mejor la información. Las especificaciones técnicas del diseño corresponden a los parámetros de funcionamiento establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, sección II: Sistema de Aseo Urbano del Ministerio de Desarrollo y las normas ambientales citadas en las referencias. *(Ver capítulo 18: Referenciación general, Pág. 215)*

A continuación presentamos un Diagrama de flujo que representa cada uno de los pasos a seguir para el diseño de las matrices

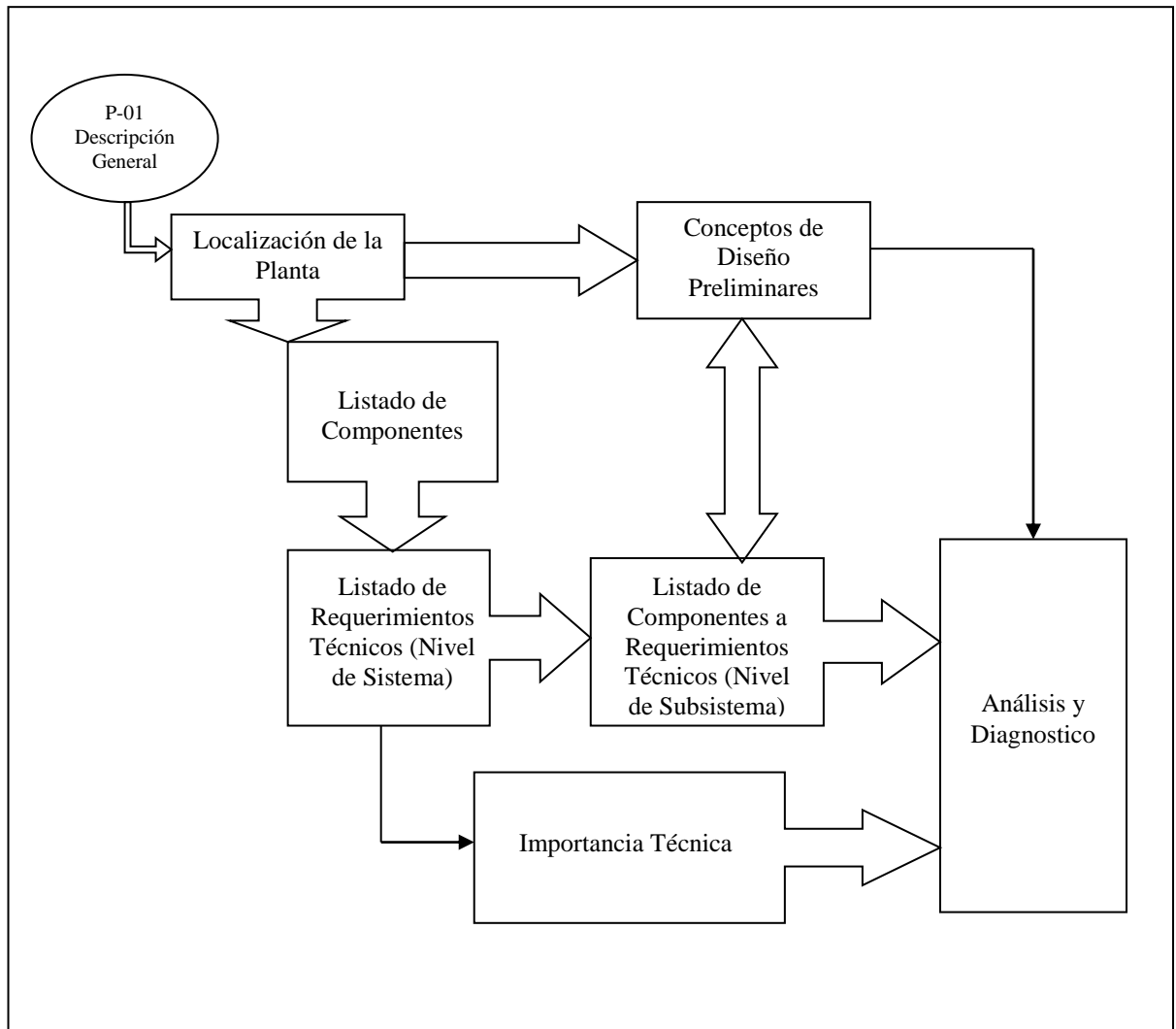


Diagrama 5: Especificaciones de Diseño

13.2.1 Diseño de Matrices:

Como se había mencionado anteriormente se ha desarrollado una matriz para cada componente de la planta en una secuencia lineal de trabajo, que avanza en las distintas etapas del proceso de despliegue de la metodología QFD, desde la definición estratégica de requerimientos, pasando por la conceptualización de

atributos, hasta llegar a las especificaciones en las etapas de Diseño Detallado e Industrialización; transfiriendo la “voz del cliente”, en un proceso acumulativo. El proceso en específico comprende las siguientes fases:

1. **Configuración Conceptual del Producto / Matriz 1:** Corresponde a la primera fase de despliegue, donde se analiza la relación entre las necesidades de los consumidores, textualizadas como “Requerimientos, especificaciones técnicas o QUE’s, y las características de Calidad que la planta debiese incluir o COMO’s. Esta primera matriz de relación se le conoce habitualmente como “Casa de la Calidad”, transformada en un elemento iconográfico de QFD.
2. **Especificación del Producto (componentes) / Matriz 2:** Segunda fase del proceso de despliegue, donde se relacionan los resultados de la matriz 1, es decir, los atributos ponderados del producto, con los componentes asociados a éste, de modo de llegar a determinar la criticidad de cada uno, asociado a las atributos que deberán resolver individual y colectivamente.

Las fases uno (1) y dos (2) serán desarrolladas en cada uno de los componentes de la planta de una manera individual.

3. **Especificación de los Procesos Productivos / Matriz 3:** En esta tercera son analizados los procesos operativos, de modo de evaluar las opciones existentes o potenciales que puedan resolver los atributos esperados para el sistema general.
4. **Especificación de los procesos de Control / Matriz 4:** Busca identificar las condiciones de control de calidad para los procesos productivos definidos, de cara a cumplir con los atributos de diseño de la planta.

A continuación presentamos gráficamente la secuencia de las matrices:

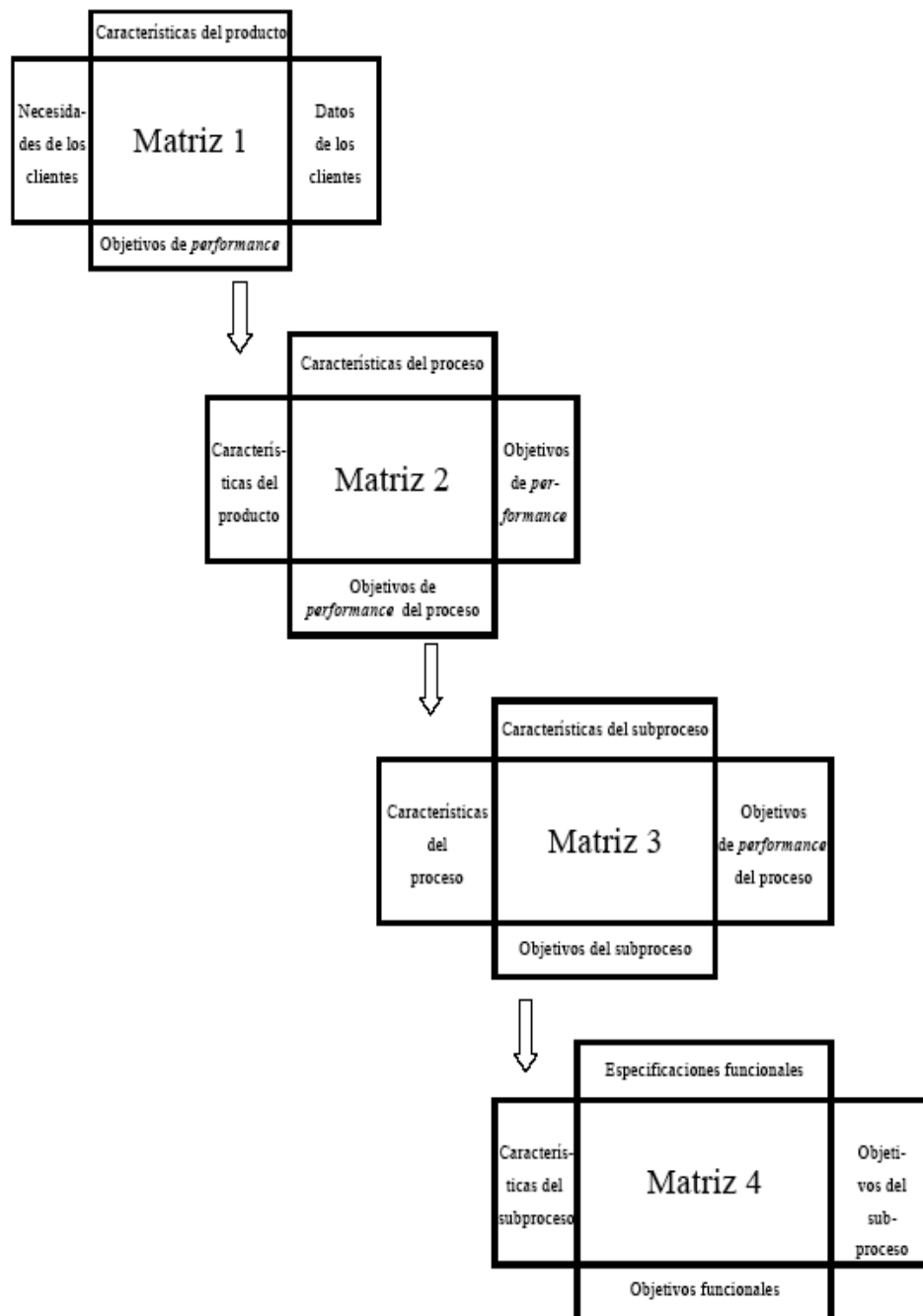


Diagrama 6: House of Quality ; Matriz 2: Matriz de producto-proceso; Matriz 3: Matriz de proceso-subproceso; Matriz 4: Matriz de subprocesso-función.

13.2.2 Captación de las Necesidades

Esta fase comprende el trabajo concreto de recoger la información del Cliente (QUE), analizarla dentro del grupo de trabajo y, relacionar las características (COMO) del producto que cumplen con los requisitos del mercado. Para determinar las necesidades de los consumidores, hemos utilizado distintas técnicas como los Paneles de Usuarios o Entrevistas Individuales, con personal capacitado (Miembros de Interaseo, Corpamag, Docentes e Ingenieros Ambientales) cuyo objetivo es *Exploratorio y no Confirmatorio*, con un claro propósito de descubrir e identificar oportunidades de mejora e innovación para la problemática planteada.

La información recogida de la “voz del cliente” no siempre expresa la real necesidad o requisito de calidad. En este sentido, planteamos una forma de categorización de las respuestas explícitas de los usuarios bajo un modelo de aproximaciones *Inductivo*; en el cual el equipo de trabajo es el que estructura una categorización y traducción de la voz del cliente en las necesidades y características de diseño demandadas. Esto nos permitió documentar en el diseño de la planta las expectativas de los usuarios e identificar las características de calidad, funciones requeridas, posibles soluciones, modos de fallo, etc.

13.3 Despliegue de las matrices de Calidad para cada componente

13.3.1 Localización de la Planta

Entre los criterios de localización dispuestos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000, sección II: Sistema de Aseo Urbano del Ministerio de Desarrollo; deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos para la ubicación y adecuación de plantas de incineración de residuos:

- La planta debe ubicarse en una zona donde se disponga de la infraestructura vial necesaria para facilitar el acceso permanente a la misma.
- Es necesario localizar las plantas de incineración en lugares donde se puedan mantener zonas adecuadas de seguridad alrededor de la instalación. Para tal fin se recomienda la localización de las planta en zonas o áreas de uso industrial, o en los alrededores de las ciudad.
- Las condiciones climatológicas, los factores ambientales y los factores socioeconómicos deben tenerse en cuenta como criterios importantes de localización para determinar las direcciones de dispersión de los contaminantes, y los impactos que se van a generar sobre el medio ambiente y la salud de las personas.

Veamos en la siguiente tabla los requerimientos, lo cual se ha denominado coloquialmente como los (Que's).

Entorno	Amplitud
	Abierto
	Acceso Vial
Infraestructura	Aislamiento a Zonas Residenciales
	Aislamiento Acústico
	Manejo de Aguas Subterráneas y Suelos

Tabla 22: Entorno e infraestructura

Ahora encontramos una lista detallada de requerimientos técnicos que no son otra cosa que los denominados (Que's). El asunto que se genera ahora es encontrar para Santa Marta el modo más satisfactorio de dar respuesta a un cambio en la tendencia de disposición final y manejo de los residuos, estableciendo las fuentes en las que se va a apoyar el cambio. Bajo esta idea surge el objetivo de: *localizar los posibles lugares en los cuales puede llegar a funcionar la planta de generación*

de biogás a partir de los residuos sólidos y para ello hemos apoyado los Requerimientos Técnicos en las Necesidades de los Usuarios relacionándolos en la matriz de diseño con un Análisis Multicriterio.

	Como's Que's	Importancia	Transporte y Rutas de Recolección	Acceso a Zonas Transitables	Tiempo de Desplazamiento a la Zona de Descargue	Estructura	Estado Socio Económico	Impacto Ambiental	Dirección de Dispersión de los Contaminantes
Entorno	Amplitud	5				9	9		3
	Abierto	4		3		9		9	9
	Acceso Vial	5	9	9	9	3	3		
Infraestructura	Aislamiento a Zonas Residenciales	5	9	9	9	9	3	9	
	Aislamiento Acústico	4				9		9	9
	Manejo de Aguas Subterráneas y Suelos	4						9	9
	Peso Absoluto		90	102	90	177	75	153	123
	Peso Representativo		11%	12%	11%	21%	9%	18%	15%

Matriz 1: Localización (Requerimientos vs. Necesidades de Instalación)

En esta matriz, los Requerimientos Técnicos vs las Necesidades de instalación se evaluaron en una escala de 1 a 5, siendo 5 el más importante. El grado de correlación entre cada requerimiento y necesidad se indicaron en la casilla de intersección de la matriz, usando los valores de 1 para algo de correlación, 3 para correlación promedio y 9 para correlación fuerte. El peso de los requerimientos se multiplico por el valor de correlación en cada celda y los resultados se sumaron columna por columna (Peso Absoluto).

Esto nos ha indicado que la necesidad que tiene mayor y más fuerte contribución a los requerimientos técnicos es la estructura, sigue en su orden el Impacto Ambiental, La dirección de dispersión de los contaminante, el acceso a las zonas transitables, las macrorutas (Transporte y Rutas de Recolección) y el tiempo de

desplazamiento a las zonas de descarga y finalmente el estado socio – económico.

De acuerdo a lo anterior nuestra prioridad es determinar la estructura de la planta conforme al impacto ambiental y el fácil acceso a la zona. Con estos datos construimos la segunda matriz. Esta matriz tiene como filas las necesidades de instalación que anteriormente constituían nuestros como's y como columnas las medidas que se deben tener en cuenta para el óptimo funcionamiento. Nuestra matriz quedaría representada entonces de la siguiente manera:

Como's \ Que's	Importancia	Plan de Ordenamiento Urbano	Redistribución de rutas	Reordenamiento u optimización del proceso de recolección	Tomar Medidas para clasificar, reciclar, y reutilizar los desechos en el mismo proceso	Tecnologías Ambientales preventivas (Producción más limpia)	Tratamiento preventivo y/o correctivo de emisiones	Inversión en Equipos y elementos para aislamiento de ruidos y emisiones
Transporte y Rutas de Recolección	3	9	9	3	3			
Acceso a Zonas Transitables	4	9	3	1				
Tiempo de Desplazamiento a la Zona de Descargue	5	3	9	3	9			
Estructura	5	9	1			9	3	3
Estado Socio Económico	4	3	1	3	1	1		9
Impacto Ambiental	5	3		1	3	9	9	9
Dirección de Dispersión de los Contaminantes	5				1	9	9	9
Peso Absoluto		150	93	45	78	139	105	141
Peso Representativo		19%	12%	5%	10%	18%	13%	18%

Matriz 2: Localización (Necesidades de Instalación vs. Medidas de Funcionamiento)

Ahora notamos que entre las medidas relevantes se encuentran el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad, la Inversión en Equipos y elementos para

aislamiento de ruidos y emisiones, la implementación de tecnologías ambientales preventivas (producción más limpia) y el Tratamiento preventivo y/o correctivo de emisiones. Con estos datos construimos nuestra matriz de desempeño, donde los como's de la matriz anterior (*Matriz 2*) se han de convertir en nuestros nuevos Que's y finalmente se especificara las variables o recursos necesarios para la instalación y localización de la planta.

Conozcamos ahora nuestra nueva matriz:

Como's Que's	Importancia	Gobernación	Financiación	Implementación de un servicio con métodos de Producción más limpia	Generación de Recursos económicos	Aplicación de la normativa ambiental	Equipos de tratamiento: esperadores, secadores, filtros, prensas, centrifugas.	Equipos de incineración que aseguren condiciones de quema, temperatura, tiempo de residencia y otros factores
Plan de Ordenamiento Urbano	5	9	3	1	1	9		
Redistribución de rutas	3	9	9	1	1			
Reordenamiento u optimización del proceso de recolección	3	9	9	3		9	3	3
Tomar Medidas para clasificar, reciclar, y reutilizar los desechos en el mismo proceso	4	3	3	9	3	9	1	
Tecnologías Ambientales preventivas (Producción más limpia)	5	3	3	9	3	9	3	3
Tratamiento preventivo y/o correctivo de emisiones	5					9	9	9
Inversión en Equipos y elementos para aislamiento de ruidos y emisiones	4	3	9	3	3	1	9	9
Peso Absoluto		138	132	110	47	202	109	105
Peso Representativo		16%	15%	13%	5%	23%	12%	12%

Matriz 3: Localización (Medidas de Funcionamiento vs. Recursos Necesarios)

El recurso de mayor preeminencia es la aplicación de la normativa ambiental: *“El diseñador debe conocer los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial*

planteados dentro del marco de la Ley 388 de 1997 y establecer las implicaciones que el sistema de aseo urbano tendría dentro de la dinámica del desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo, de las áreas habitadas y las proyectas en los próximos años teniendo en cuenta la utilización del suelo, la estratificación socioeconómica, el plan vial y las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales entre otros”.

Para contrastar la fiabilidad del modelo teórico anteriormente formulado se ha querido realizar una aplicación práctica. Se ha restringido la estructura en cuanto al espacio disponible para ubicar la planta. Lo primero que se ha realizado es la obtención de los datos, partiendo para ello de un análisis exploratorio con el objeto de observar que lugares se hallan disponibles.

Se han establecido una serie de requisitos: área disponible para poder poner en funcionamiento al menos una planta de tamaño pequeño, recursos hidráulicos necesarios para el funcionamiento de la combustión, red eléctrica cercana y adecuada, red de carreteras, que no sean espacios protegidos ni de orografía complicada. Una vez establecidos todos estos requisitos se realizó una consulta con la empresa encargada del transporte y recolección de los residuos (INTERASEO) y Corpamag ¹⁸ de la cual ellas han establecido que los posibles lugares serían:

- Vía Alternativa al Puerto según lo dispuesto por los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano pronosticados en la Ciudad de Santa Marta.
- En las salidas de la ciudad Vía a Riohacha donde se realizó este estudio y se halló tierra apta para la adecuación.
- En el actual Relleno Sanitario, con el fin de aprovechar el espacio aun no utilizado.

¹⁸ Corporación Autónoma Regional del Magdalena. Entidad que se encarga del cuidado y conservación de la flora y fauna del departamento del Magdalena.

Pero acorde a los resultados de las matrices de localización y a las parámetros de operación se recomienda ubicarla en las afueras de la ciudad Vía a Riohacha. Sin embargo debe desarrollarse el estudio de impacto ambiental pertinente para la instalación de la planta de incineración en la localización escogida. Dicho estudio debe estar acompañado de un análisis de riesgos de los posibles efectos que tengan las emisiones de la planta sobre la salud y el bienestar de las personas. Adicionalmente los siguientes parámetros financieros, también influyen radicalmente en la localización, los cuales no sean palpado en las matrices por ir mas allá del alcance de este proyecto:

- Costos fijos de instalación y apertura de la planta..
- Costos de producción por unidad de biomasa incinerada.
- Costos fijos de mantenimiento de la planta.
- Toneladas de biomasa incineradas en la planta.
- Costos de transporte.
- Relación constante entre la unidad de biomasa incinerada y la electricidad obtenida (Producción).
- Cantidad de energía generada.
- Tasa de desempleo.
- Puestos de trabajo directos creados por la planta de acuerdo a su tamaño.

13.3.2. Parámetros de Operación

<p>Temperatura de los gases de Combustión</p>	<p>La temperatura de los gases de combustión debe ser como mínimo 850°C, y como máximo el punto de fusión de las cenizas.</p>
<p>Tiempo de Residencia de los Gases de Combustión</p>	<p>Para asegurar la combustión completa de los residuos por incinerar, la planta de incineración debe trabajar con un tiempo de dos segundos a 850°C, como mínimo, de residencia de los gases de combustión en la cámara de combustión.</p>
<p>Cantidad de Aire en Exceso</p>	<p>Para lograr la combustión completa de los residuos la planta debe trabajarse con oxígeno en exceso sobre las necesidades estequiométricas. Se recomienda trabajar con cantidades de aire en exceso entre 10 y 200%.</p>
<p>Acidez y Alcalinidad</p>	<p>En lo que respecta al pH, una acidez excesiva impide la descomposición y lo mejor (según Merrill y Fry) (Power and electric light from pig manure – farm and country, Londres, 1960) (Methane gas power for this farm is fuelled by 900 pigs – farmers’ weekly – África del Sur, 1961) es mantener el pH entre los 7.5 y 8.5, es decir un poco por encima del neutro (7.0). Durante las primeras fases de descomposición, cuando se produce mucho más CO₂, formando ácido carbónico en solución y más tarde cuando se producen los ácidos orgánicos, el pH puede descender a 6 o menos. Pero como estos ácidos se consumen al producirse el metano, el pH aumenta de nuevo y la mezcla se hace menos sensible al ácido o álcali adicional, es decir se “auto – equilibra” o “amortigua”. En la fase inicial la mezcla es propensa a convertirse en excesivamente ácida, si se echa con</p>

	Continuación de la Tabla Anterior
Acidez y Alcalinidad	demasiada rapidez material nuevo y si esto ocurre debe frenarse el ritmo. Si el pH es demasiado alto a causa de la alcalinidad excesiva de la materia prima, poco mas se puede hacer que esperar que el CO ₂ producido reduzca poco a poco el grado de acidez
Combustible Auxiliar	Toda planta de incineración debe equiparse de un sistema de combustión auxiliar (combustibles limpios como el gas natural o el gas propano sin azufre)
Poder Calorífico	El valor del gas como combustible depende del contenido de metano. El metano puro tiene mayor valor de combustión que el “gas – ciudad” normal y el bio – gas puede tener un valor calorífico de unas 5200 a 6700 Kcal/m ³ (el gas butano y el propano tienen respectivamente 28000 y 21000 Kcal/m ³).

Tabla 23: Parámetros de operación

13.3.3 Sistema de Recuperación de Calor

En el funcionamiento e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos¹⁹:

1. La energía calorífica recuperada podrá ser utilizada en las instalaciones de la planta o cedida a terceros.

¹⁹ Ministerio del Medio Ambiente Resolución 0058 Enero 21/2002

2. En el caso que la energía térmica producida no sea utilizada en las propias instalaciones, o no sea cedida a terceros y tenga la capacidad de producir 0,5 MW, se debe utilizar para generación de energía eléctrica.
3. Si se genera energía a partir del calor recuperado, debe medirse la eficiencia global de la conversión en términos de la tasa de calor, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tasa de Calor (KJ/kWh)} = \frac{\text{Calor suministrado por los residuos (KJ)}}{\text{Energía Generada (kWh)}}$$

4. El calor recuperado en forma de agua caliente puede ser utilizado para aplicaciones industriales.
5. El calor recuperado en forma de vapor se recomienda para generación de energía como se muestra en la siguiente figura:

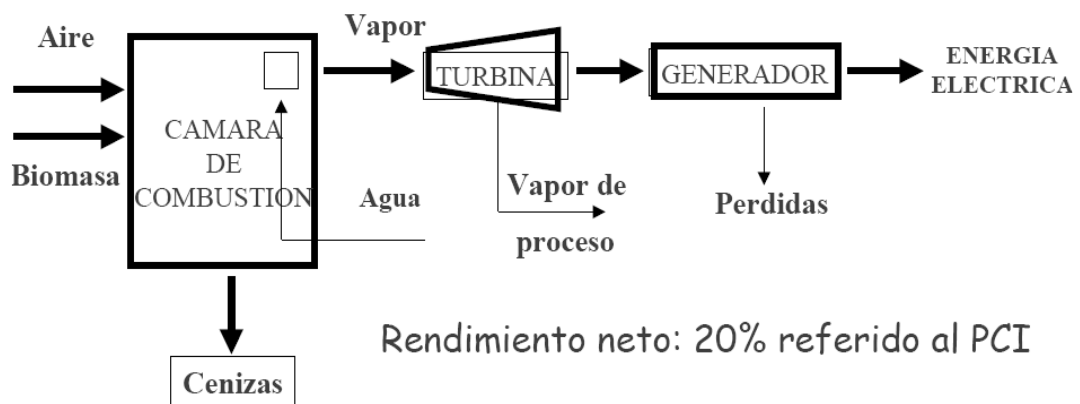


Figura 8: Sistema de Recuperación de Calor

Detallemos ahora las especificaciones técnicas para cada elemento del proceso:

a) Cámara de Combustión:

La Cámara de Combustión es el equipo que nos va a permitir obtener la energía térmica, ya sea para usos domésticos o industriales generando la energía mecánica necesaria a través del vapor de la máquina.

En el funcionamiento de esta parte del incinerador debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. El equipo y materiales que se requieren para la construcción de la Cámara dependerán del nivel de tecnología empleado. En nuestro caso el plan requiere cemento, arena, arcilla, cal, y ladrillos refractarios más alguna soldadura y mecanismo de hierro.
2. Debe controlarse la calidad de los ladrillos refractarios y aislantes empleados en la construcción de la cámara de combustión.
3. Los parámetros o propiedades que deben tenerse en cuenta en la selección de los materiales que conforman la cámara de combustión e influyen en su buen funcionamiento son:
 - a. Resistencia química
 - b. Dureza
 - c. Fuerza o resistencia física
 - d. Conductividad térmica
 - e. Porosidad
 - f. Características de expansión térmica

En la cámara de combustión es obligatorio controlar los siguientes aspectos, ya que pueden causar la destrucción:

- a) Altas temperaturas
- b) Choques térmicos
- c) Abrasión
- d) Excoriación
- e) Astillamientos
- f) Choques de los refractarios contra la llama

Veamos en la siguiente tabla las propiedades físico químicas vs. los aspectos a controlar aplicando el mismo modelo de matriz plasmado en el caso de la localización (Matriz 1).

	Como's		Que's						
	Importancia	Altas Temperaturas	Choques Térmicos	Abrasión	Excoriación	Astillamientos	Choques de los Refractarios contra la llama	Densidad	
Propiedades Físico Químicas	Dureza	5	9	1	9	1	1	3	
	Fuerza o Resistencia	5		1	3	3			
	Porosidad	5	9	1		3	3		
	Resistencia Química	3				3	9	1	
	Conductividad Térmica	4	9	3					3
	Características de Expansión Térmica	4	9	9					3
	Peso Absoluto		162	63	60	44	47	18	24
	Peso Representativo		38%	15%	14%	10%	11%	4%	5%

Matriz 4: Cámara de combustión I

Con la matriz anterior se puede concluir que el factor a controlar con mayor relevancia es las altas temperaturas, los choques térmicos y la abrasión; sin embargo desconocemos los parámetros que estos deben cumplir. Por tal motivo, las propiedades físico químicas se desplegaron a través de una matriz de relación pero ahora como nuevos Que's teniendo en cuenta los requerimientos de mayor notabilidad.

Conozcamos ahora nuestra nueva matriz:

Como's Que's	Importancia	de Temperatura máxima Operación 1.100°C	de Regulador Electrónico con visualizador digital	de Capacidad para 500kg/h	de Fibras minerales y cerámicas de baja masa térmica y gran poder calorífico	de Tratamiento anticorrosivo	de Construcción metálica a partir de chapas y perfiles de acero laminado	de Concentración de CO no superior a 100mg/m ³ y los compuestos orgánicos en los gases 20 mg/m ³
Altas Temperaturas	5	9	3	3	1	3	9	1
Choques Térmicos	5	9		3	9	1	3	
Abrasión	4			3	3	9	3	
Excoriación	4	3		3	3	9	3	
Astillamientos	3	3		3	9	1	1	
Choques de los Refractarios contra la llama	4	9	1	9	3	1	3	
Densidad	3	1		3	3		1	1
Peso Absoluto		150	19	108	122	99	102	8
Peso Representativo		24%	3%	17%	20%	16%	16%	1%

Matriz 5: Cámara de combustión II

Con esta nueva matriz nos damos cuenta que el factor de mayor ponderación continua siendo la temperatura y que esta no debe exceder los 1.100°C para una capacidad de consumir 500 kg/h. No obstante, para contrarrestar estos limites de operación se requiere que la cámara esta construida en fibras minerales y cerámicas de baja masa térmica y gran poder calorífico. El aspecto considerado al elegirle el material de las paredes de la cámara de combustión fue:

- ❖ Temperaturas excesivas

De acuerdo a dos características esenciales:

- ❖ Densidad
- ❖ Modulo de Ruptura

A continuación presentamos la tabla con los datos de densidad y modulo de ruptura de cada tipo de ladrillo recomendado de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante²⁰ y que cumple con los requerimientos establecidos en la matriz inicial:

Tipo de ladrillo refractario	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Ruptura (Kg/m ²)
Plástico pegado con un 85% de fosfato de aluminio	276	94
Plástico pegado con un 90% de fosfato de aluminio	285	107
Ladrillos de arcilla inflamables superelaborados (incinerados)	237	70
Ladrillos pegados con un 75% de fosfato de aluminio (incinerados)	280	98
Ladrillos pegados con un 85% de fosfato de aluminio (incinerados)	295	246

Tabla 24: Ladrillos Refractarios

²⁰ EMISON – Empresa fabricante de equipos para la incineración

b) Caldera:

De acuerdo a las instrucciones de los fabricantes de equipos de incineración si se utiliza este sistema deben monitorearse, controlarse y tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ❖ Material de las paredes de la caldera
- ❖ Cantidad de calor recuperado
- ❖ Cantidad de vapor producido por cantidad de residuos incinerados

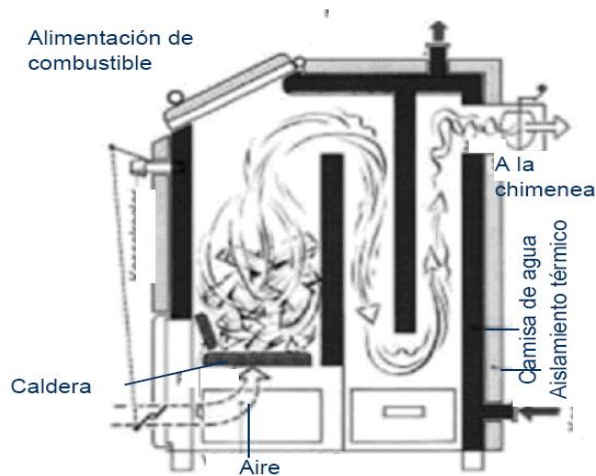


Figura 9: Sistema de Recuperación de Calor – Caldera

De acuerdo a las especificaciones anteriormente señaladas se crea la matriz de calidad. El objeto de esta matriz es encontrar la o las necesidades más importante con respecto a las características técnicas a la hora de elegir el tipo de caldera a utilizar.

Conozcamos ahora nuestra matriz para el diseño de la caldera:

		Como's							
		Importancia	Material	Diseño	Tecnología	Eficiencia	Automatización	Costos	
Características	Que's	Cantidad de Calor Recuperado	5	9	1	3	9	1	
	Cantidad de Vapor producido	5	9	1	3	9	1		
	Rendimiento Térmico	4			9	3	3		
	Capacidad	5		3	1			9	
	Peso Absoluto		90	25	71	102	22	45	
	Peso Representativo		25%	7%	20%	28%	6%	12%	

Matriz 6: Caldera I

En este caso hallamos que la eficiencia, el material y la tecnología son los parámetros que nos permitirán seleccionar el tipo de caldera. Debemos tener en cuenta que la capacidad de la caldera corresponde directamente a la capacidad requerida por la planta. En nuestro caso por el número de residuos a incinerar promedio / día sugerimos la instalación de una caldera con dos entradas de aire separadas (primaria y secundaria) con el fin de mantener la refrigeración en el sistema y capacidades térmicas con rangos desde 15 kW hasta MW. Lo cual generaría la eficiencia ideal del sistema. Pese a estas determinaciones hemos decidido generar una nueva matriz de relación donde se especifican las prevenciones a considerar las cuales formarían nuestros nuevos Como's y las necesidades los nuevos Que's.

Nuestra nueva matriz quedaría planteada de la siguiente manera:

Como's	Que's	Importancia	Perfiles y lamina de acero con tratamiento de pentoxido y pintura resistente a las altas temperaturas	Tamaño aproximado del 70% de la potencia estimada	Potencia Nominal 100 Kw	Rendimiento térmico 80%	Poder calorífico 800 Kwh/m ³	Capacidad térmica 100 kwh
Material		5	9	1		3	3	1
Diseño		4	9	9		3	3	3
Tecnología		5	1		1	9	1	1
Eficiencia		5	1		9	9	9	9
Automatización		3			3	3	1	1
Costos		5	9	9	3	9	1	9
Peso Absoluto			136	86	74	171	85	115
Peso Representativo			20%	12%	11%	25%	12%	17%

Matriz 7: Caldera II

Como vimos en la matriz N° 6 el material y la eficiencia fueron las necesidades más importante con respecto a las características técnicas a la hora de elegir el tipo de caldera a utilizar, pues bien según nuestro nuevo estudio, este material debe estar conformado por perfiles y laminas de acero con tratamiento de pentoxido y pintura resistente a las altas temperaturas y el rendimiento debe corresponder al 80% de la producción total. La caldera debe poseer una capacidad térmica aproximada de 100 kwh y una potencia nominal de 100 Kw.

Existen calderas con la tecnología y la automatización sofisticada, pero sus costos son bastante elevados y nuestro interés es operar reduciendo en lo posible la inversión, así que para nuestro efecto no se hacen tan relevantes estos dos aspectos.

c) Chimenea:

Según las normas reglamentarias²¹ para el funcionamiento y diseño de la chimenea incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La altura mínima de la chimenea de la planta de incineración debe estar acorde con lo establecido en el artículo 40 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace.
2. Es obligatorio la instalación de plataformas o puntos de muestreo en la chimenea, los cuales deben ser suficientemente amplios, fáciles de transitar y haber sido acondicionados y elegidos de modo que garanticen mediciones representativas y confiables.
3. La selección del sitio de muestreo, la determinación del número de puntos y su localización en la chimenea deben regirse por lo establecido en los artículos 97 a 101 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud o el que lo reemplace.
4. Debe verificarse y controlarse que la chimenea este construida de láminas de acero no alineado, de láminas de acero alineado refractario o de materiales completamente refractarios. De igual forma es obligatorio que la chimenea tenga una doble pared para resistir los problemas de corrosión, resultado del proceso de condensación.

²¹ Resolución 0058 Ministerio del Medio Ambiente

5. De acuerdo con la altura y el diámetro de la chimenea se puede calcular su tiro natural (natural draft) para permitir el movimiento de los gases a través de la cámara de combustión, según la siguiente relación:

$$D_T = 3.4 * 10^{-2} * P_b * H_s * \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_s} \right)$$

Plasmemos ahora la matriz de relación para la chimenea de acuerdo a los requerimientos descritos anteriormente, ubicando para cada Que el Como respectivo, los valores de correlación y el factor de importancia se han determinado de acuerdo a las especificaciones de diseño emitidas por el Ministerio del Medio Ambiente en su decreto de Límites máximos permisibles de emisión.

Que's	Como's					
	Importancia	Altura Mínima de la Planta	Materiales	Puntos de Muestreo	Corrosión	Diámetro
Diseño	5	9	9	9	1	3
Disposición	5	9	3	3		9
Calidad	5		9	3	9	1
Peso Absoluto		90	105	75	50	65
Peso Representativo		23%	17%	19%	12%	16%

Matriz 8: Chimenea I

La chimenea es un componente importante del sistema de calefacción. Su función no es sólo la de alejar y dispersar los humos, sino también asegurar, a través de un tiro adecuado, el buen funcionamiento de la caldera. El tiro debe ser tanto

mejor cuanto más calientes sean los humos que pasan por la chimenea. Por esta razón, y como lo muestra la matriz de relación la altura mínima de la planta los materiales y los puntos de muestreo se encuentra directamente ligados al diseño y disposición de la chimenea ya que el fin es encontrar la manera de mantener un buen sistema de aislamiento. Otra razón importante para considerar la altura mínima de la planta como punto característico para fijar el diseño de la chimenea es que esto permite controlar la temperatura de los humos y evitar que estos bajen al nivel de condensación, ya que en ese caso se ensuciarían rápidamente las paredes de la misma, hasta atascarse.

Las chimeneas de acero inoxidable asiladas dan unas prestaciones óptimas. Estas chimeneas necesitan en la base un desagüe para el producto de la condensación y tienen un buen tiro incluso con bajas temperaturas de los humos.

Desglosemos ahora nuestra nueva matriz siendo los requerimientos explicados anteriormente, nuestros nuevos Que's.

Como's	Que's	IMPORTANCIA	Especificaciones técnicas				
			Acero Inoxidable	Diámetro mínimo 0,3m	Velocidad de salida mayor de 5m/s	Tamaño y forma Uniforme	
Altura Mínima de la Planta		5	9	3	3	1	
Materiales		5	3	9			
Puntos de Muestreo		5	9	3			
Corrosión		4	1	9			
Diámetro		5	3	9	3	3	
Peso Absoluto			124	81	75	30	20
Peso Representativo			37%	24%	22%	9%	6%

Matriz 9: Chimenea II

Las especificaciones técnicas se convierten ahora en el factor de mayor ponderación, sin embargo estas se encuentran ligadas a la localización y operación de la cámara de combustión y la caldera. El diámetro mínimo de la chimenea para nuestro caso debe estar alrededor de los 0.3 metros, en cuanto a la altura de la chimenea debe ser calculada con base a las especificaciones técnicas establecidas por el ministerio del medio ambiente según las indicaciones y al nomograma que a continuación se presentan:

- Identificar el flujo volumétrico V en Nm^3/h a emitir a condiciones normales.
- Identificar el cociente (en $\text{kg}/\text{h}/\text{mg}/\text{m}^3$) del flujo másico Q a emitir (en kg/h) y del factor S (en mg/m^3) para los contaminantes.
- Determinar la temperatura t del gas a emitir en $^{\circ}\text{C}$.
- Establecer el diámetro de la chimenea en m , con base en el flujo volumétrico V en Nm^2/h y la velocidad v en m/s a emitir en la chimenea.

Nota: Los valores del factor S (mg/m^3) se encuentran en la tabla 17.

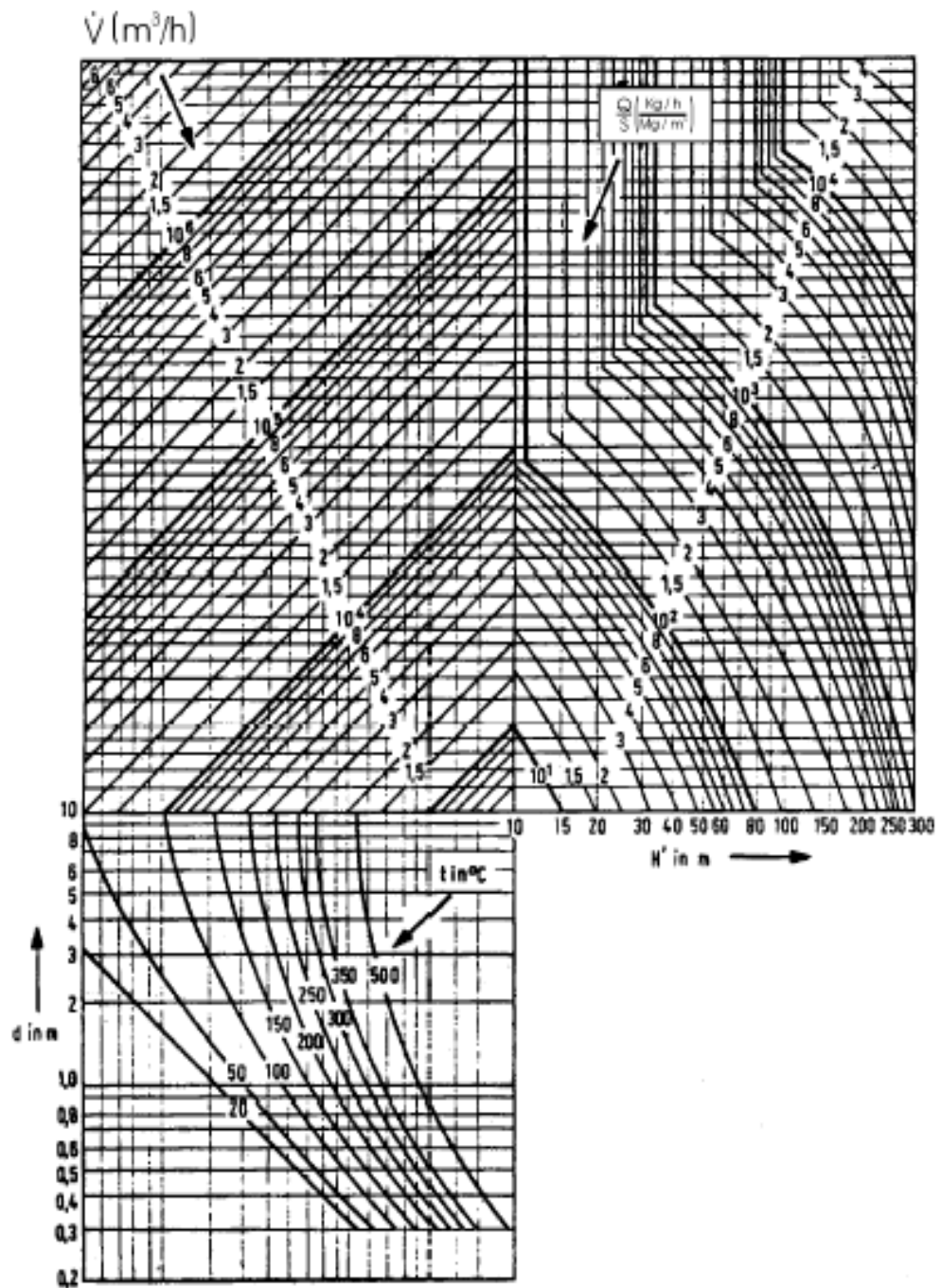


Figura 10: Nomograma para el cálculo de altura mínima en chimeneas²²

²² Fuente: Guía Ambiental Alemana de Control de polución del Aire. (TA – LUFT – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) C.H. Beck Verlag, Munchen 1987, Alemania.

CONTAMINANTES y SUSTANCIAS	(S) en mg/m ³
Partículas suspendidas Totales (PST) *	0.2
Compuestos gaseosos de cloro inorgánico, dados como Cl *	0.1
Compuestos gaseosos de flúor inorgánico, dados como F *	0.003
Monóxido de Carbono CO *	15
Óxidos de azufre, dados como dióxido de azufre (SO ₂) *	0.2
Óxidos de nitrógeno, dados como dióxido de nitrógeno (NO ₂) *	0.15
Sustancias inorgánicas adsorbidas a Partículas suspendidas Totales (PST) Clase I. Ver anexo 1.	0.02
Sustancias inorgánicas adsorbidas a Partículas suspendidas Totales (PST) Clase II. Ver anexo 1.	0.1
Sustancias inorgánicas adsorbidas a Partículas suspendidas Totales (PST) Clase III. Ver anexo 1.	0.2
Plomo Pb *	0.005
Cadmio Cd *	0.0005
Mercurio Hg *	0.005
Talio Tl *	0.005
Sustancias orgánicas gaseosas Clase I. Ver anexo 2.	0.05
Sustancias orgánicas gaseosas Clase II. Ver anexo 2.	0.2
Sustancias orgánicas gaseosas Clase III. Ver anexo 2	1.0
Sustancias cancerígenas Clase I Ver anexo 3	0.0001
Sustancias cancerígenas Clase II Ver anexo 3	0.001
Sustancias cancerígenas Clase III Ver anexo 3	0.01

Tabla 25: Valores del factor S (mg/m³) de contaminantes y sustancias.

Una vez se tengan los anteriores datos, se debe proceder a ubicar en el nomograma:

1. El diámetro d y correlacionarlo horizontalmente con las isoterms del gas a emitir.

2. Una vez se tenga el punto de unión, se debe correlacionar este con las líneas del flujo volumétrico V subiendo perpendicularmente a estas hasta obtener el punto de unión entre estas dos variables.
3. Con este punto identificado, se debe correlacionar horizontalmente con las líneas Q/S , para finalmente encontrar la altura mínima H' en el eje de las abscisas, que corresponden a las velocidades promedias de viento u en m/s.

Cuando existan edificaciones altas, montañas, bosques o demás obstáculos dentro del área de influencia cuya sumatoria de área sea mayor al 5% del área de influencia (la cual deberá ser estimada mediante modelos de dispersión de contaminantes) de las emisiones incinerador, es necesario hacer corrección de la altura obtenida con base en las indicaciones y la siguiente figura que se presenta a continuación:



Gráfica 15: Corrección de altura mínima²³

²³ Fuente: Guía Ambiental Alemana de Control de polución del Aire. (TA – LUFT – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) C.H. Beck Verlag, Munchen 1987, Alemania

- Determinar la altura promedio l' de los obstáculos.
- Determinar el cociente entre la altura de la edificación o montaña l' y la altura mínima H' .
- Ubicar el valor del cociente calculado l'/H' en la siguiente gráfica, en el eje de las abscisas cortarlo de forma perpendicular a la línea de esta y leer en el eje de las ordenadas el valor de l/l' .
- Despejar el valor de l y sumarlo a H' para obtener el valor corregido de H . $H = H'+l$.

Nota: A pesar de que existan algunos obstáculos muy altos alrededor de la chimenea del incinerador, no se deberán tener en cuenta en la corrección de la altura mínima de la chimenea H' , mientras la sumatoria de sus áreas no corresponda a más del 5% del área de influencia.

13.3.4 Sistema de Remoción de Partículas

En el funcionamiento, control e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La eficiencia de remoción del sistema se ha de medir mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{W_{ENTRADA} - W_{SALIDA}}{W_{ENTRADA}} * 100\%$$

Sin embargo, la eficiencia de remoción debe ser tal que cumpla la norma permisible de emisión de partículas establecida en la legislación ambiental.

Las partículas finas menores de 10 micrones se pueden controlar utilizando alguno de los siguientes sistemas:

a) Precipitadores Electrostáticos:

En la utilización de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) La eficiencia del sistema depende de las características de los gases de combustión (temperatura y humedad) y de la resistencia eléctrica de las partículas.
- 2) Para un funcionamiento eficiente del sistema las partículas deben tener una resistividad entre 1×10^4 y 2×10^{10} ohm/cm.

b.) Filtro de Mangas:

En la utilización de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos, los parámetros de diseño más importantes para este tipo de sistema son:

1. El área
2. El material
3. Método de limpieza del filtro

Para utilizar con éxito este sistema es necesario utilizar filtros de materiales compatibles con el gas y las partículas.

1. Depuradores Húmedos

En el uso de este sistema se requiere tratar el agua utilizada por el sistema para que cumpla con los requerimientos establecidos por las sedimentación

ambientales. Por otro lado, para el uso de este sistema es necesario contar con un sistema de suministro continuo de agua que cubra las grandes cantidades de agua que el equipo requiere.

Las partículas mayores de 10 micrones pueden controlarse utilizando alguno de los siguientes sistemas:

b) Separadores Ciclónicos

Se recomienda el uso de este sistema para lograr una remoción a un bajo costo. Por otro lado, debe vaciarse la tolva sobre la cual caen las partículas removidas de sedimentación.

c) Cámaras de sedimentación

Deben utilizarse áreas de terreno grandes para asegurar la remoción de las partículas más pequeñas.

Detallamos en la siguiente tabla los sistemas de acuerdo a los aspectos técnicos descritos anteriormente, con el fin de relacionar los (Que's) a tener en cuenta en la matriz.

	Sistema de Remoción de Partículas
Partículas Finas Menores de 10 micrones	Precipitadores Electrostáticos
	Filtros de Mangas
	Depuradores Húmedos
Partículas Finas Mayores de 10 micrones	Separadores Ciclónicos
	Cámaras de Sedimentación

Ahora plasmemos la matriz de relación correspondiente para cada sistemas vs. requerimientos.

Como's		Que's	IMPORTANCIA	Eficiencia del sistema	Resistencia Eléctrica de las partículas	Material	Método de Limpieza del filtro	Velocidad del gas	Suministro continuo de agua	Costo
Partículas Finas Menores de 10 micrones	Precipitadores Electroestáticos	5	9	9						1
	Filtros de Mangas	4			9	9	9	9	9	1
	Depuradores Húmedos	3				9		9	9	1
Partículas Finas Mayores de 10 micrones	Separadores Ciclónicos	5				9		3	3	1
	Cámaras de Sedimentación	4				9	9	3	3	1
Peso Absoluto			45	45	36	144	72	90	21	
Peso Representativo			9%	9%	7%	31%	15%	19%	4%	

Matriz 10: Sistema de remoción de partículas

Los valores de importancia y de correlación se determinaron de acuerdo con las características de cada sistema y a la influencia directa con el medio socio – económico de la ciudad. Según los resultados el método de limpieza de filtro, el suministro continuo de agua y la continuación del gas son los requerimientos de mayor importancia entre los sistemas de remoción de partículas como vemos a continuación en el siguiente grafico:

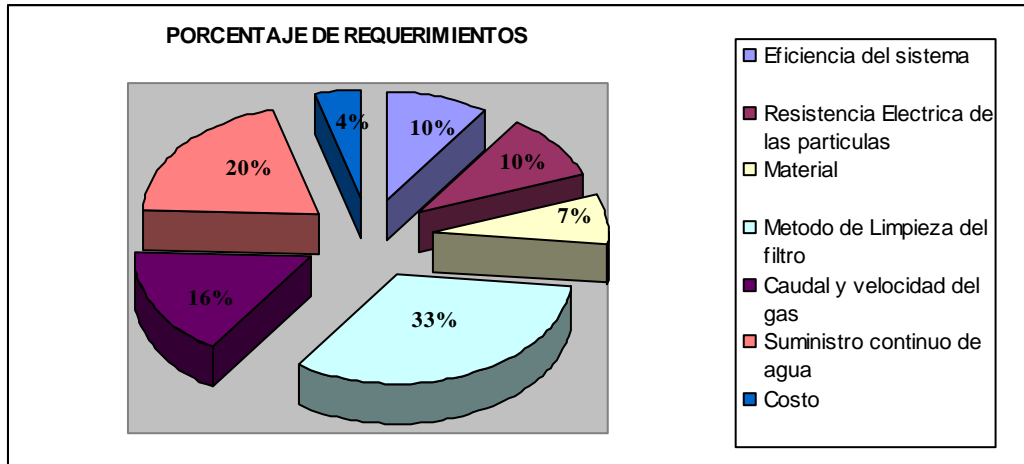


Grafico 16: Porcentaje de requerimientos

Encontremos ahora las especificaciones del diseño, convirtiendo los como's de la matriz anterior en Que's y hallando nuevos Como's, de esta forma tenemos:

Como's	Que's	IMPORTANCIA	Cumplimiento de las normas permisibles de emisión	Resistividad de las partículas entre 1×10^4 y 2×10^{10} ohm/cm.	Fibras sintéticas o natural	Aire comprimido inyectado	Velocidad aproximada 0,01 m/s	Adecuación de un sistema de captación de agua subterránea
Eficiencia del sistema		5	9	9				
Resistencia Eléctrica de las partículas		3		9			1	
Material		5			9	3	1	
Limpieza del filtro		5				9		9
Velocidad del gas		3	9	3			9	
Suministro continuo de agua		5	3					9
Costo		5	3		9	3		9
Peso Absoluto			102	81	90	75	35	135
Peso Representativo			19%	15%	17%	14%	6%	26%

Matriz 11: Sistema de remoción de partículas II

Acorde a lo anterior y teniendo en cuenta que el factor de mayor ponderación es el cumplimiento de las normas permisibles de emisión; hemos considerado conveniente que para la remoción de partículas finas menores de 10 micrones el sistema ideal es el filtro de mangas, porque aunque ocupe un área bastante amplia y su costo sea considerable permite una remoción más eficiente debido a que su estructura accede a utilizar filtros de materiales compatibles con el gas y las partículas; de igual manera cumple con las directrices especificadas en la matriz de diseño. En las partículas finas mayores de 10 micrones el sistema a emplear será el de separadores ciclónicos, ya que su costo es mínimo y se acople adecuadamente al sistema de filtros. Estos dos sistemas se adaptan al medio en el que vivimos ya que los otros requieren de cuidados especiales y de una frecuencia continua de agua, la cual es nuestra ciudad no es tan asequible en muchas zonas del sector urbano y rural.

13.3.5 Sistema de Remoción de Gases

En el funcionamiento, control e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La eficiencia de remoción del sistema debe ser tal que cumpla con las normas de emisión establecidas antes para los gases. Dicha eficiencia debe medirse mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{C_{ENTRADA} - C_{SALIDA}}{C_{ENTRADA}} * 100\%$$

Conozcamos ahora las especificaciones técnicas de funcionamiento de la remoción de gases:

Si se requiere controlar óxidos de nitrógeno debe hacerse mediante controles en la combustión y tratamiento de los gases de combustión. Los controles de combustión que deben utilizarse son:

- ✓ Recirculación del gas de combustión.
- ✓ Debe trabajarse con bajas cantidades de aire en exceso e incineración por etapas.

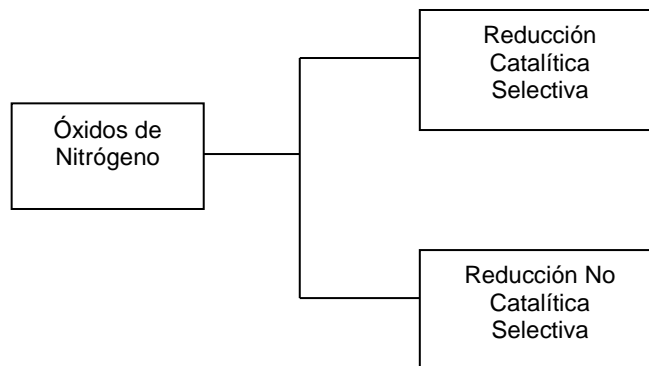


Diagrama 7: Óxido de nitrógeno

a) Reducción Catalítica Selectiva

En el funcionamiento adecuado de esta tecnología, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Reducción Catalítica Selectiva	Relación		
Temperatura	Injectar amoniaco en los gases de chimenea, a una temperatura que debe estar entre 280 y 340°C		
Catalizadores	Metales como cobre, hierro, cromo, níquel, molibdeno, cobalto y vanadio en diversas formas	⊙	⊙
Alto Contenido de Plomo	No se debe utilizar este sistema		
Alta producción de partículas	No se debe utilizar este sistema		

Tabla 26: Reducción catalítica selectiva

b) Reducción No Catalítica Selectiva

Para el buen funcionamiento de la tecnología es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Reducción Catalítica No Selectiva	Relación	Inyectar amoníaco en el horno a una temperatura que debe estar entre 700 y 1200°C	Inyectar hidrógeno gaseoso a una temperatura mínima del horno de 870°C	Se debe controlar que la temperatura del horno no supere los 1200°	Instalación de inyectores múltiples de pared
Temperatura		⊙	⊙	⊙	⊙

Tabla 27: Reducción catalítica no selectiva

Para controlar gases ácidos y óxidos de azufre, es necesario implementar alguno de los siguientes métodos:

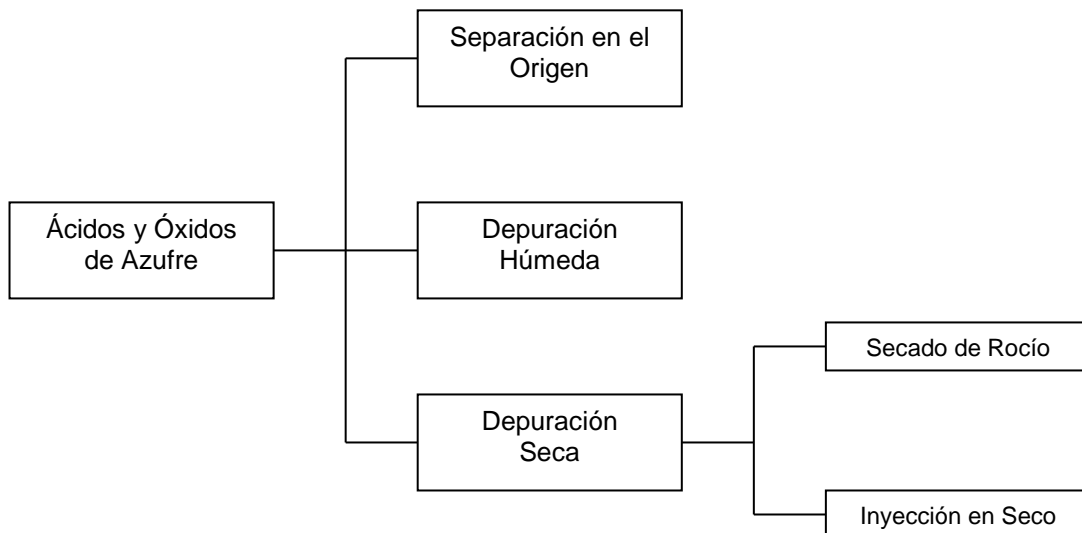


Diagrama 8: Ácidos y óxidos de azufre

a) Separación en el origen

En la utilización de esta metodología deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Separación en el Origen	Relación	Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO ₂).	Deben separarse los residuos que contienen grandes cantidades de cloro y azufre.
		⊗	⊗
Característica			

Tabla 28: Separación en el origen

d) Depuración húmeda

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos para el uso de la metodología:

Depuración Húmeda	Relación	Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO ₂) y ácido fluorhídrico (HF).	Debe controlarse el funcionamiento del intercambiador de calor ya que de este depende la eficacia de la operación de depuración.
		⊗	⊗
Característica			

Tabla 29: Depuración Húmeda

c) Depuración seca

En el funcionamiento de la metodología deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Depuración Seca		Relación	Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO ₂) y ácido fluorhídrico (HF)	Se debe controlar el bombeo de las disoluciones de cal y carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃)	Utilizar el sistema en conjunto con un filtro de mangas para separar las partículas sólidas, así como las cenizas volantes	Debe controlarse el rocío de la solución de cal en la cámara de reacción	Agente Aglomerante	Filtro de mangas
Técnicas existentes de Depuración	Secado de Rocío		⊙	⊙	⊙			
	Inyección en seco		⊙			⊙	⊙	⊙

Tabla 30: Depuración seca

Si se requiere controlar hidrocarburos y monóxido de carbono, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

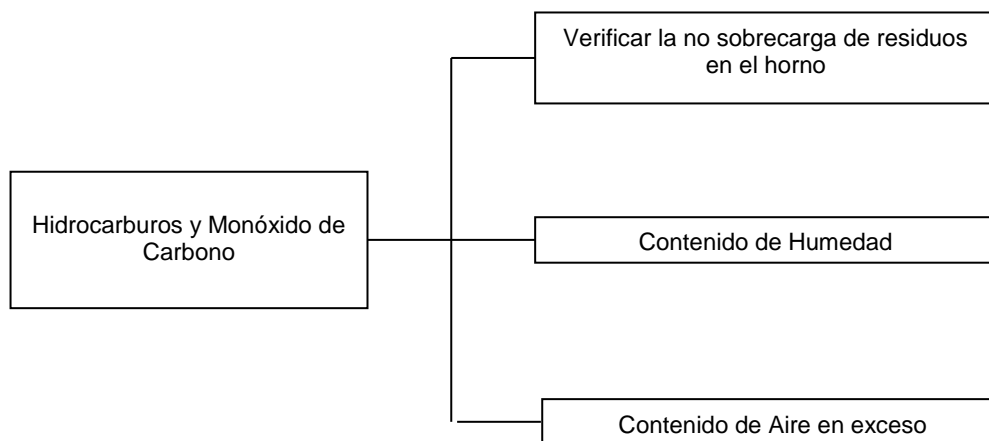


Diagrama 9: Hidrocarburos y monóxidos de carbono

Hidrocarburos y Monóxido de carbono	Relación			
	Verificar continuamente que no haya sobrecarga de residuos en el horno	Debe controlarse que el contenido de humedad en los residuos no sea demasiado alto	Para controlar la producción de hidrocarburos y monóxido de carbono, debe trabajarse siempre bajo condiciones de aire en exceso	El aire en exceso debe equilibrarse para evitar una combustión a temperaturas demasiado altas y la generación de excesivas emisiones de óxidos de nitrógeno
Características	⊙	⊙	⊙	⊙

Tabla 31: Hidrocarburos y Monóxido de carbono

Si se requiere controlar dioxinas, furanos y metales debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:

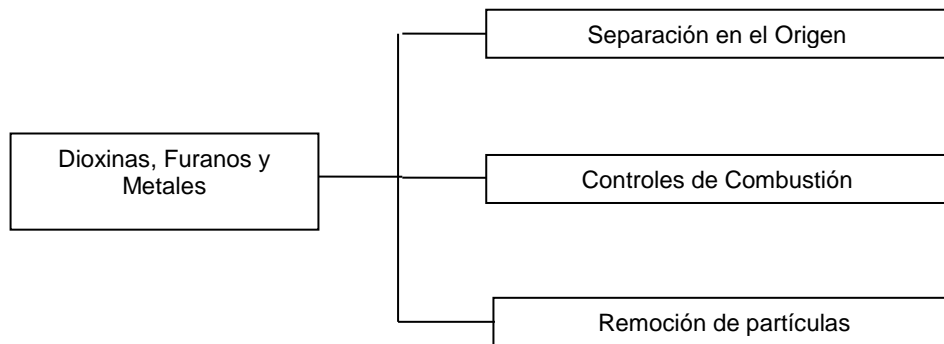


Diagrama 10: Dioxinas, Furanos y Metales

Dioxinas, Furanos y Metales	Relación	Separación en origen	Controles de combustión	Remoción de partículas
Características		⊙	⊙	⊙

Tabla 32: Dioxinas, Furanos y Metales

Plasmemos ahora la matriz de relación para el sistema de Remoción de Gases de acuerdo a los requerimientos descritos anteriormente. Como ya hemos estructurado las Características para cada sistema en una relación directamente proporcional, nos limitamos a formar la matriz de calidad con los datos comunes y relevantes en cada uno de los sistemas:

Como's		Que's										
		IMPORTANCIA	Temperatura	Catalizadores	Producción de Partículas	Control de Emisiones	Filtro de Mangas	Agente Aglomerante	Sobrecarga de Residuos	Contenido de Humedad	Cantidad de Aire en Exceso	Control de Combustión
Óxidos de Nitrógeno	Reducción Catalítica Selectiva	5	9	9	9							1
	Reducción No Catalítica Selectiva	5	9		1							1
Ácidos y Óxidos de Azufre	Separación en el Origen	5			3	9						
	Depuración Húmeda	5	9			9						
	Depuración Seca	5				9	3	3				
Hidrocarburos y Monóxido de Carbono		5							9	9	9	3
Dioxinas, Furanos y Metales		5	9									9
Peso Absoluto			180	45	65	135	15	15	45	45	45	70
Peso Representativo			27%	6%	9%	20%	2%	2%	65%	6%	6%	10%

Matriz 12: Sistema de Remoción de Gases I

Para cada sistema de remoción hemos indicado el mismo factor de importancia, ya que el interés para nosotros se centraba en conocer la relevancia que tiene cada requerimiento con cada método de control. Como los mecanismos de control

ya habían sido descritos nos permitió identificar las características de cada uno y su semejanza con los demás. Los métodos se estructuraron por medio de diagramas de acuerdo al control que ejercían y posteriormente se integraron en una matriz con las características ponderadas. La matriz muestra cada método de control vs. las características a tener en cuenta y posteriormente pondera el requerimiento de semejanza entre cada una.

Al mismo tiempo se halló una correlación positiva entre el control ejercido para las Dioxinas, Furanos y Metales y el mecanismo de control de Ácidos y Óxidos de Azufre a través de la separación en el origen. Lo anterior, aprueba la teoría de que al implementar métodos de control correlacionados se obtendría mayor seguridad en la emisión de gases.

A continuación graficamos las característica o requerimientos, de acuerdo a los resultados de ponderación obtenidos. Esto nos permite identificar cual es el parámetro con el que se debe tener más cuidado a la hora de aplicar las especificaciones de diseño.

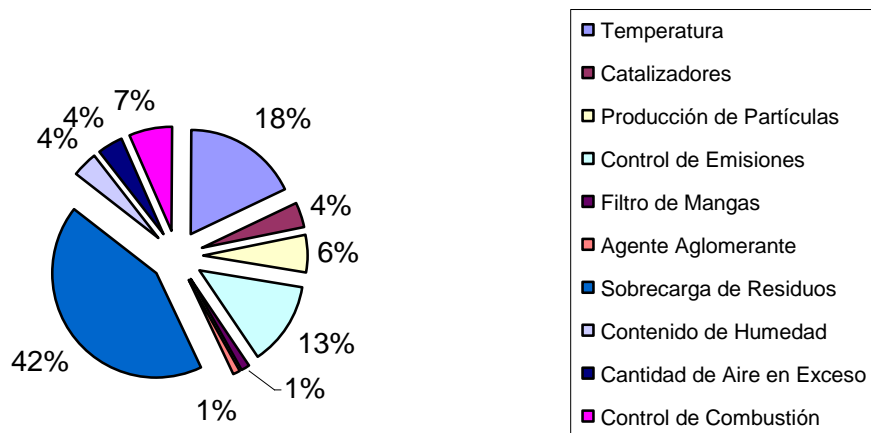


Gráfico 17: Ponderación relativa

Como's	Que's	IMPORTANCIA	Inversiones para reducir o evitar contaminación atmosférica	Automatización del medio de transporte para el manejo de residuos	Filtros de aire de baja, media y alta eficiencia	Sistemas extractivos	Lavadores con rociadores de gases y partículas	Manejar inventario de residuos	Lectura permanente de las temperaturas en el horno
Temperatura		5				3	1		9
Catalizadores		5	3		3	1			
Producción de Partículas		3	1		3	9	9		
Control de Emisiones		5	9	9	9	3	3	3	3
Filtro de Mangas		4	1		9	3	3		
Agente Aglomerante		3	1		3	3	1		
Sobrecarga de Residuos		4		3				9	1
Contenido de Humedad		4	1						3
Cantidad de Aire en Exceso		3	3						1
Control de Combustión		5			3	3			3
Peso Absoluto			83	57	129	98	62	51	94
Peso Representativo			14%	9%	22%	17%	10%	8%	16%

Matriz 13: Sistema de Remoción de Gases II

En la matriz anterior encontremos los mecanismos de control o sistemas de funcionamiento de acuerdo a las directrices iniciales, que desglosa cada uno de las característica o requerimientos entorno aun Que y sus respectivos Como's. Estos nuevos como's se han de controlar mediante la aplicación de parámetros que deben ser determinados, registrados y evaluados continuamente por parte de la planta de incineración y que hemos denominado "Puntos Críticos de Medición y Control Continuos" los cuales desglosaremos más adelante.

13.3.6 Sistema de Descarga y Almacenamiento

➤ **Residuos:**

En el diseño y funcionamiento de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. El volumen del tanque o foso de almacenamiento debe ser como mínimo, equivalente al volumen de residuos que la planta maneja en dos días con el fin de darle un factor de seguridad a la planta para subsanar problemas de averías o detenciones de la misma.
2. El foso o tanque de almacenamiento debe protegerse con un sistema impermeable para evitar el paso de lixiviados de los residuos al suelo o al subsuelo. De igual forma debe construirse una trampa de líquidos alrededor del foso, así como un sistema de recolección de lixiviados de los residuos almacenados.
3. Es necesario que el foso o tanque de almacenamiento sea cerrado para evitar la mezcla del agua lluvia con los residuos y para evitar la fuga de olores y polvos provenientes de los residuos.
4. Debe contarse con una buena red de agua y drenaje para limpieza de la fosa de almacenamiento y la plataforma de descargue de los residuos.
5. El propietario de la planta de incineración debe diseñar un plan de contingencia para evitar los incendios y las explosiones ocasionales que puedan ocurrir en el tanque de almacenamiento.

➤ **Cenizas Residuales**

En el diseño y funcionamiento de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe diseñarse un foso de almacenamiento para recoger las cenizas residuales descargadas del proceso de incineración cuyo volumen sea como mínimo equivalente al volumen de cenizas residuales producidas en una semana en la planta de incineración.
2. El foso de almacenamiento de las cenizas residuales debe ser cubierto para evitar la fuga de las cenizas residuales a la atmósfera, que puedan ser perjudiciales para los trabajadores de la planta y el ambiente circundante.
3. El foso diseñado debe protegerse con una membrana semipermeable para evitar la entrada de agua (lluvia o subterránea) u otros líquidos al foso, o para evitar la salida de lixiviados, ya que bajo ciertas condiciones las cenizas se convierten en lixiviados. De igual forma debe construirse una trampa para atrapar líquidos alrededor del foso.

Plasmemos ahora la matriz de relación para el sistema de Descarga y Almacenamiento de acuerdo a los requerimientos descritos anteriormente.

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Que's</div> <div style="margin-left: 20px;">Como's</div> </div>		IMPORTANCIA	Volumen de Residuos	Volumen de Cenizas	Control de Lixiviados	Foso Cerrado	Limpieza	Señalización
		Descarga y Almacenamiento	Residuos Sólidos	5	9	1		9		1
Cenizas	5		3	9	9	9	3	1
Peso Absoluto			60	50	45	90	15	10
Peso Representativo			22%	18%	16%	33%	5%	3%

Matriz 14: Sistema de Descarga y Almacenamiento I

Posteriormente buscamos hallar las relaciones existentes en el sistema de descarga y almacenamiento entre el material de entrada (residuos) y el de salida (cenizas). Se establecieron las correlaciones pertinentes y se determinó el modelo de almacenamiento ideal teniendo en cuenta las relaciones establecidas en la nueva matriz la cual presentamos a continuación:

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Que's</div> <div style="margin-left: 20px;">Como's</div> </div>		IMPORTANCIA	Capacidad de la Caldera	Programa de seguridad Industrial	Adecuación de un sistema de drenaje y captación de lixiviados	Cámara de post-combustión
		Volumen de Residuos	5	9			9
Volumen de Cenizas	5	9		3	9	
Control de Lixiviados	4			9	9	
Foso Cerrado	5		9		9	
Limpieza	5		9	9	9	
Señalización	5		9			
Peso Absoluto		90	135	96	216	
Peso Representativo		16%	25%	17%	40%	

Matriz 15: Sistema de Descarga y Almacenamiento II

A continuación, presentamos el sistema de descarga y almacenamiento propuesto partiendo de las necesidades desglosadas en las matrices anteriores (Matriz 14 – Matriz 15). Los residuos se recolectan en los camiones implementando el plan de aseo iniciado por Interaseo donde son empacados en bolsas de acuerdo al material que contengan. Al llegar a la planta se acumulan en forma de pacas en una bodega o foso de almacenamiento distribuidas de acuerdo al orden de ingreso y al material que contengan. A partir de aquí, el proceso es el siguiente: Se registra su peso y posteriormente el material es transportado por medio de una banda de seguridad con indicador magnético que se encargará de detectar los metales no aptos para el proceso de incineración, estos metales serán retirados y el material apto continua en la banda hasta la caldera.

Los residuos entraran en la caldera y caerán sobre la parte superior de una parrilla vibratoria (Ver matriz Sistema de Entrada al Incinerador) ubicada en la misma, que favorece la combustión y evacuación de los inquemados, que se depositaran en el fondo de la caldera, y cenizas volantes, que se retendrán en el depósito del filtro de mangas antes de evacuar los gases por la chimenea. Posteriormente estas cenizas serán depositadas en un foso de almacenamiento cerrado para evitar contaminación. El porcentaje de residuos ha de ser aproximado al 5% en relación al combustible empleado.

Cabe anotar que para cumplir con las normas de seguridad establecidas por las entidades pertinentes todo el proceso de descarga y almacenamiento debe ser medido y tener la señalización adecuada.

13.3.7 Sistema de Entrada al Incinerador

➤ **Residuos:**

En el funcionamiento de este sistema se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Como se mencionó anteriormente se utilizará una cadena transportadora para cargar los residuos en el conducto de alimentación, donde se empleará el proceso de separación magnética de acuerdo a como llegarían empacadas las basuras según la propuesta plasmada por INTERASEO, ESPA y la Alcaldía Distrital en el Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos.

La separación magnética es un proceso unitario en el cual se separan los metales féreos de otros materiales residuales utilizando sus propiedades magnéticas. Se utiliza la separación magnética para recuperar materiales féreos a partir de residuos sólidos separados en origen y no seleccionados.

2. Es necesario refrigerar el conducto de alimentación de residuos en su parte inferior para evitar que el calor irradiado por el horno destruya el material con el que está construido y para evitar que los residuos se sequen prematuramente y entren en ignición.
3. En el caso de utilizar un sistema de parrillas para la entrada de los residuos al incinerador deben tenerse en cuenta los siguientes factores en la operación y selección de las mismas:
 - a) El área que ocuparán las parrillas en el incinerador debe calcularse como la relación entre la masa por unidad de tiempo de residuos quemados dividido entre la masa por unidad de área y de tiempo de capacidad de las parrillas (Kg/h de residuos quemados / $\text{Kg/m}^2/\text{h}$ de capacidad de las parrillas). Para este ultimo parámetro se

recomienda utilizar un rango entre 240 y 340 Kg/m²/h como el rango medio de capacidad de los diferentes tipos de parrillas.

- b) Aptitud de la capa de combustible incandescente para recibir y quemar una masa importante y variable de residuos.
- c) Aptitud de las parrillas para absorber el calor transmitido por radiación.
- d) Caudal, temperatura del aire y exceso del aire controlables.
- e) Tiempo de estancia controlable, según la naturaleza del combustible.
- f) Altura de la capa de residuos ajustable.
- g) Suministro controlable del combustible auxiliar.
- h) Refrigeración controlable de las cenizas.
- i) Temperatura ajustable de los humos a la entrada de las superficies de calentamiento, que trabajan por radiación.
- j) Aptitud de la cámara de combustión para funcionar sin perturbaciones.

Se recomienda el uso de alguno de los siguientes tipos de parrillas para un proceso efectivo de incineración:

- ❖ Parrillas de alimentación a impulsos horizontales (tipo Alberti)
- ❖ Parrillas retro (tipo Martín)
- ❖ Parrillas a tambores (tipo Durr)
- ❖ Parrillas a sectores basculantes (tipo Flinn)
- ❖ Parrilla Babcock & Wilcox
- ❖ Parrilla Combustión Engineering
- ❖ Parrillas Circulares

➤ **Aire:**

En el caso de utilizar un sistema de parrillas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Es necesario utilizar entre el 2% y el 30% del área ocupada por las parrillas en el incinerador como el área de entrada de aire al incinerador.
2. Se requiere introducir aire desde la parte superior de las parrillas para proveer el sistema con la turbulencia necesaria y completar la combustión de gases volátiles.
3. Se requiere introducir un rango entre el 25 y el 100 % del aire total requerido para la combustión, desde la parte inferior de las parrillas para controlar el proceso de combustión, mantener las parrillas refrigeradas y evitar que haya una gran cantidad de material articulado en los gases que se emiten.

Igual que en el caso anterior nuestro interés se centra en identificar las relaciones y correlaciones existentes entre los elementos de entrada, para ello trabajamos con la siguiente matriz de relación:

Que's		Como's									
		IMPORTANCIA	Caudal	Temperatura del Aire	Tiempo de Estancia	Altura de la capa de Residuos	Suministro de Combustible	Sistema de Refrigeración	Aptitud de la Cámara de Combustión	Aptitud de las Parrillas para absorber calor	Área
Entrada al Incinerador	Residuos Sólidos	5	3	1	3	9	3	3	9	3	9
	Aire	5		3			1	9	1	9	9
Peso Absoluto			15	20	15	45	20	60	50	60	90
Peso Representativo			4%	5%	4%	12%	5%	16%	13%	16%	24%

Matriz 16: Sistema de Entrada al Incinerador I

Como vemos las relaciones más fuertes se notan en el área, la aptitud de las parrillas de incineración y el funcionamiento del sistema de refrigeración. Esto nos lleva a deducir que para disponer de un sistema de entrada al incinerador adecuado se hace necesario diseñar un incinerador con la capacidad adecuada al tipo de residuos y al tamaño del horno.

Conozcamos ahora la manera de contrarrestar los como's de la matriz anterior convirtiéndolos en que's como vemos a continuación:

<div style="text-align: center;"> <p>Como's</p> <p>Que's</p> </div>	<p>IMPORTANCIA</p>	<p>Capacidad de la Caldera</p>	<p>Adecuación de un sistema de drenaje y captación de lixiviados</p>	<p>Cámara de post Combustión</p>	<p>Electro ventilador con sensor de Aire</p>	<p>Temperatura 850°C - 1100°C</p>	<p>Tiempo 2 - 6 segundos</p>
Caudal	3		9				
Temperatura del Aire	4	3		9	9	9	
Tiempo de Estancia	4	3					9
Altura de la capa de Residuos	4	9					
Sistema de Refrigeración	5			9	9	3	
Aptitud de la Cámara de Combustión	5	9		3	3	3	3
Aptitud de las Parrillas para absorber calor	4				9	9	
Área	3	9	3	3			
Peso Absoluto		132	36	105	132	102	51
Peso Representativo		23%	6%	18%	23%	18%	9%

Matriz 17: Sistema de Entrada al Incinerador II

Ahora notamos que el mayor peso representativo se halla en la capacidad de la caldera y el Electro ventilador con sensor de Aire. Pues bien ante esto podemos decir, que existen calderas construidas con nuevos avances tecnológicos en microelectrónica y aislamiento; las cuales viene equipadas con cámaras de post – combustión encargadas del tratamiento de los gases y asegurando de esta forma un escrupuloso cumplimiento de la legislación sobre emisiones a la atmósfera,; al igual estas máquinas se encuentran equipadas con sensores electrónicos que regulan considerablemente la temperatura dentro del proceso de combustión.

14. DESPLIEGUE DE LA METODOLOGIA QFD PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA (FASE III)

Todos los requerimientos del cliente o especificaciones técnicas necesarias para la instalación y funcionamiento de la planta *Que's* y los *Como's* necesarios para satisfacerlos de acuerdo a los principios básicos de la calidad y la producción limpia, se han estructurado en el capítulo anterior para cada componente de la planta, con el objeto de hacer más práctico el alcance del diseño.

Por lo que concierne a los requerimientos (*que's*), básicamente se refirieron al entorno, la situación, servicios, sistemas y los aspectos técnicos a tener cuenta. Los (*cómos*), por su parte, hicieron referencia a los métodos o formas utilizados para suplir las necesidades básicas del diseño. A continuación podremos apreciar algunos de los aspectos contemplados en el capítulo anterior generando una sola matriz de diseño.

Nota: Cabe anotar que como este proyecto se encuentra en una fase de diseño y en nuestro medio no existe competencia, no se ha llevado a cabo la evaluación comparativa.

Como's	Que's	Importancia	Ubicación				Equipos			Inversiones		Programas		
			Gobernación	Financiación	Prestación de un servicio con métodos de Producción más limpia	Generación de Recursos	Cumplimiento de la normativa ambiental	Cámara de Combustión	Caldera	Chimenea	Inversiones para reducir o evitar contaminación atmosférica	Automatización del medio de transporte para el manejo de residuos	Programa de seguridad e Higiene Industrial	Adecuación de un sistema de drenaje y captación de lixiviados	Instalación de una Cámara de post-combustión
Localización de la Planta	5	9	9	9	9	9				3	3	3	9	
Sistema de Recuperación de Calor	5					9	9	9	9	3		9		9
Sistema de Remoción de Partículas	5			9		9				9	3	9	9	
Sistema de Remoción de Gases	5			9		9				9		9		9
Sistema de Descarga y Almacenamiento	5					9				9	9	9	3	
Sistema de Entrada al Incinerador	5					9	9	9			9	9		3
Peso Absoluto		45	45	135	45	270	90	90	45	165	120	240	105	105
Peso Representativo		3%	3%	9%	3%	18%	6%	6%	3%	11%	8%	16%	7%	7%

Matriz 18: Especificación de los Productivos

Tal como habíamos mencionado, esta matriz corresponde a la fase III del proceso de Despliegue de la Función Calidad, es donde se analiza y pondera la relación entre las necesidades de los procesos operativos o productivos, a modo de evaluar las opciones existentes o potenciales que puedan resolver los atributos esperados para el sistema general.

El objetivo final de esta matriz, es poder contar con un listado de atributos o características de diseño, ordenadas y ponderadas en importancia, de acuerdo a las necesidades presentadas. Este resultado se alcanza a través de la “corrección” de las relaciones entre QUE’s y COMO’s, con la importancia de las necesidades.

Como en el capítulo anterior ya se habían desglosado para cada componente sus respectivas necesidades y se especificaron los requerimientos y la forma de suplirlos, entonces en el desarrollo de esta nueva matriz solo se desglosan los requerimientos de mayor relevancia.

En este caso las necesidades de mayor ponderación dentro de la matriz de procesos corresponden a el cumplimiento de la normativa ambiental con el 18% y la adecuación de un Programa de Seguridad e Higiene Industrial con el 16%. Para encontrar la manera de suplir estas dos necesidades se han determinado puntos críticos dominantes de medición y control para el óptimo funcionamiento de la planta se ha estructurado el programa de seguridad e higiene Industrial requerido el cual detallaremos a profundidad en el siguiente capítulo.

15. PUNTOS CRÍTICOS DOMINANTES DE MEDICIÓN Y CONTROL PARA EL OPTIMO FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA (FASE IV)

La Fase IV corresponde bbusca identificar las condiciones de control de calidad para los procesos productivos definidos, de cara a cumplir con los atributos de diseño de la planta. En este caso proponemos aplicar los siguientes mecanismos de control:

Los trabajadores de las planta, deben realizar tanto mediciones en continuo como mediciones individuales o en discontinuo para el control de ciertos parámetros. En las mediciones recomendamos utilizar procedimientos y dispositivos de medida apropiados y acordes con el estado de la técnica, según las disposiciones detalladas en el presente documento y por las autoridades ambientales, o en su defecto por lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.²⁴

La planta debe proveerse con la instrumentación necesaria para determinar factores tales como el peso de materiales de entrada y salida en la planta, las cantidades de aire utilizadas, presiones y temperaturas en la cámara de combustión, en los sistemas de contaminación atmosférica y en la chimenea, concentraciones de monóxido y dióxido de carbono, etc.

Deben llevarse registros de la instrumentación utilizada. Los trabajadores deben efectuar la correcta calibración de los equipos de medición de las emisiones, de acuerdo con las especificaciones de funcionamiento de cada equipo. Dichas

²⁴ EPA Appendix A, 40 CFR, Part 60 y EPA Appendix B, 40 CFR, Part 61

calibraciones de los equipos y las pruebas de funcionamiento de los mismos deben ser reportadas a la autoridad ambiental o en su efecto al encargado competente.

15.1. Puntos Críticos de Medición y Control Continuos

Los parámetros que deben ser determinados, registrados y evaluados continuamente por parte de la planta de incineración son:

1. Cantidad de los residuos: Debe controlarse el peso total y el volumen (la capacidad de los camiones que descarguen puede ser utilizada para este propósito) de los residuos recibidos durante cada turno, día o jornada de trabajo de la planta, incluido el número de cargas recibidas y la fuente y naturaleza de los residuos recibidos.

2. Calidad de los residuos: Debe controlarse la calidad de los residuos de acuerdo con lo establecido en la selección de los residuos a incinerar.

3. Temperatura de los gases de combustión: Es obligatorio controlar que este parámetro este dentro de los rangos establecidos con el fin de lograr la combustión completa de los residuos por incinerar y evitar fallas en los equipos utilizados, que causen una detención en el funcionamiento de la planta.

4. Cantidad de aire utilizado en la combustión: Es obligatorio controlar que la planta siempre trabaje bajo condiciones de aire en exceso con el fin de lograr la combustión completa de los residuos y evitar la producción de gases y sustancias indeseadas tales como monóxido de carbono(CO) e hidrocarburos (HC).

5. Presión dentro de la cámara de combustión: Es de vital importancia controlar este parámetro con el fin de evitar problemas operacionales (explosiones principalmente).

6. Oxígeno (O_2) en los gases de salida de la planta: El control de este parámetro es de vital importancia ya que permite determinar si el proceso de incineración se está desarrollando con cantidades de aire en exceso.

7. Monóxido de carbono (CO) en los gases de salida: El control de este parámetro se debe realizar con el fin de verificar que se esté dando la combustión completa de los residuos incinerados.

8. Opacidad a la salida: Debe controlarse que la planta cumpla con los requerimientos de emisión establecidos anteriormente.

9. Cantidad de cenizas residuales: Debe registrarse la cantidad de cenizas producidas por la planta en intervalos de tiempo que no afecten las condiciones normales de operación de la planta. El registro debe incluir el porcentaje estimado de residuos no incinerado en las cenizas.

10. Cantidad de agua utilizada: Debe registrarse la cantidad de agua utilizada por la planta en cada turno, día o jornada de trabajo para las labores de enfriamiento de las cenizas o para los procesos de depuración cuando estos se efectúen. Deben recogerse y analizarse muestras representativas de las aguas procesadas.

11. Energía generada y utilizada: Si la planta cuenta con un sistema de recuperación de calor debe registrarse y controlarse el calor generado y el utilizado en cada turno, día o jornada de trabajo.

12. Combustible auxiliar: Deben registrarse y controlarse las cantidades de combustible utilizadas y el tipo de combustible auxiliar utilizado.

A continuación presentamos el diseño de una tabla de seguimiento diario, para la medición de los parámetros antes mencionados.

PUNTOS CRITICOS DE MEDICION Y CONTROL CONTINUOS							
SEMANA DEL _____ AL _____ HORA _____							
PARAMETRO DE MEDICION	DIAS						
	L	M	M	J	V	S	D
Cantidad de Residuos							
Temperatura de los Gases de Combustión							
Cantidad de Aire Utilizado							
Presión dentro de la Cámara de Combustión							
Cantidad de Oxígeno							
Cantidad de Monóxido de Carbono							
Cantidad de Cenizas Residuales Generadas							
Cantidad de Agua Utilizada							
Cantidad de Energía Utilizada							
Cantidad de Energía Generada							
Cantidad de Combustible							

Tabla 33: Puntos críticos de medición y control continuos

15.2 Puntos Críticos de Medición y Control Individuales o en Discontinuo

Los parámetros que deben ser determinados, registrados y evaluados individualmente y/o discontinuamente por parte de los trabajadores de la planta de incineración son:

1. Partículas emitidas
2. Temperatura de los gases de salida.
3. Velocidad de los gases de salida

4. Humedad
5. Emisiones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, hidrocarburos, gases ácidos, metales pesados, dioxinas y furanes
6. Funcionamiento del sistema de recuperación de calor
7. Funcionamiento del sistema de remoción de partículas
8. Funcionamiento del sistema de remoción de gases

15.3 Manejo de los Residuos

En el manejo de los residuos de la incineración deben tenerse en cuenta las cenizas residuales (cenizas de fondo), las partículas residuales (cenizas volantes), los productos de depuración y los vertimientos de aguas residuales.

15.4 Cenizas Residuales (Cenizas de Fondo)

La porción no quemada y no quemable de los RSU se conoce como ceniza de fondo. En una instalación de quemado en bruto, las cenizas de fondo pueden contener cantidades considerables de metales y vidrio, así como orgánicos no quemados. Hay menos metal y vidrio en las cenizas de fondo. Una buena práctica ingenieril que hemos considerado conveniente para el manejo de las cenizas residuales procedentes de la incineración en este proyecto se puede resumir de la siguiente forma:

- **Análisis**

Deben determinarse las características de las cenizas residuales mediante la implementación en la planta de un laboratorio de análisis o mediante análisis realizados en laboratorios certificados por las autoridades ambientales. Así mismo, analizarse la cantidad de materia orgánica no quemada, que es una medida del rendimiento de la planta de incineración.

$$ABI = \left[1 - \frac{\{A - B\}}{A} \right] * 100$$

Donde:

A: peso original de la muestra de cenizas

B: peso de la muestra de cenizas después de quemarlas en un horno de mufla

Una incineradora de RSU bien operada deberá ser capaz de lograr un Índice de Quemado de Cenizas del 95 al 99%.

- **Manipulación**

Deben manipularse correctamente las cenizas para que no se produzcan emisiones fugitivas de polvo.

- **Transporte**

Los contenedores de los vehículos en que se transporten las cenizas deben estar cubiertos y ser a prueba de fugas.

- **Disposición**

En la disposición deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Pueden disponerse las cenizas residuales en rellenos de seguridad, o mediante su reutilización en procesos tales como el mantenimiento de

diques, la construcción de capas base en las carreteras o en la fabricación de bloques de construcción.

2. Pueden recuperarse los metales y otros materiales a partir de las cenizas residuales mediante separación magnética o cribado.
3. Debe valorarse el potencial de lixiviado en las cenizas, ya que bajo ciertas condiciones, al verter las cenizas a los rellenos, estas pueden lixiviarse a las aguas subterráneas y si contienen trazas de metales pesados y orgánicos pueden convertirse en un peligro. Hay diversos ensayos que pueden utilizarse para medir el potencial en las condiciones establecidas por la EPA. Los ensayos son:
 - a) Ensayo EP de toxicidad:
 - b) Ensayo u procedimiento para las características tóxicas del lixiviado

15.5 Partículas Residuales (Cenizas Volantes)

A medida que se incrementa la eficiencia de los sistemas para controlar la contaminación atmosférica, se separan mayores cantidades de partículas o cenizas volantes de los gases de combustión. Esta separación de partículas puede llegar a exceder el 99% y son comunes con los sistemas modernos EPS y los filtros de manga. Las cenizas volantes resultantes son otro rechazo sólido que hay que gestionar. La mayor parte del material incombustible acaba entre las cenizas de fondo.

Estas cenizas están compuestas por materiales incombustibles como botellas, latas, etc y de la fracción de ceniza de los combustibles como papel, plástico, madera, etc. una pequeña parte de las cenizas termina como cenizas volantes. Según cálculos desarrollados podemos saber que de una tonelada de residuos en una mezcla de RSU domésticos, comerciales e industriales se produce una

cantidad de unos 200 kg de cenizas de fondo (20% del total) y de 30 a 40 kg de cenizas volantes (3 a 4% del total).

- **Análisis**

Deben determinarse las características de las partículas residuales o cenizas volantes mediante la implementación en la planta de un laboratorio de análisis o mediante análisis realizados en laboratorios certificados por las autoridades ambientales.

- **Manipulación**

Como las cenizas volantes están compuestas por partículas micrónicas y submicrónicas deben manejarse con mucho cuidado para evitar emisiones fugitivas de polvo. Por tal motivo es que se sugirió que deberían separarse de los dispositivos de control de la contaminación atmosférica mediante el uso de la banda transportadora automática.

- **Transporte**

Los contenedores de los vehículos en que se transporten las cenizas deben estar cubiertos y ser a prueba de fugas.

- **Disposición**

En la disposición deben utilizarse algunas de las siguientes metodologías:

1. Disposición de las cenizas volantes en rellenos de seguridad o su reutilización en procesos como la fabricación de bloques de construcción al mezclar cenizas

volantes con cenizas de fondo, cal hidratada y cemento Portland. Para este caso es necesario demostrar ante los entes gubernamentales que se tiene el mercado para estos materiales.

2. Disposición en rellenos de seguridad cuando han sido previamente humedecidas y combinadas con cenizas residuales.

15.6 Productos de Depuración

El manejo de los lodos producidos en el proceso de depuración húmeda debe incluir la deshidratación para reducir el volumen de los mismos y la evacuación subsiguiente de los lodos en forma de un residuo sólido (se puede aplicar la misma metodología que para una ceniza residual) y del sobrenadante como un agua residual.

15.7 Vertimientos de Aguas Residuales

Los vertimientos de aguas residuales resultantes del proceso de incineración tiene varios parámetros de control a considerar dentro del diseño de las planta; para la recuperación de los recursos, incluyendo:

1. Agua de limpieza y refrigeración de los sistemas para la separación de cenizas húmedas.
2. Efluente de depuradoras húmedas procedentes del equipamiento para la separación de gases ácidos y SO₂.
3. Aguas residuales de sellado, baldeo y mantenimiento en general.
4. Aguas residuales de aguas de alimentación.
5. Purga de la torre enfriadora.

- ***Aguas Residuales de la Separación de Cenizas***

Se puede manipular tanto las cenizas húmedas como las secas. Los sistemas más comunes utilizan agua para templar y enfriar las cenizas antes de evacuarlas y para controlar las emisiones fugitivas de polvo. Si las cenizas se evacuan fuera de lugar, el agua del templado se evacua con las cenizas y no se producen aguas residuales. El contenido de agua en las cenizas preocupa cuando finalmente se vierten las cenizas. En algunos sistemas se reciclan las cenizas de fondo para formar capas de bases para carreteras. Las cenizas de fondo se pueden lavar para separar fácilmente los contaminantes disueltos como cloruros y sulfatos.

- ***Efluente de la Depuración Húmeda***

La depuración húmeda es un método eficaz para el tratamiento del SO_2 y para la separación de los gases ácidos. Sin embargo se producen dos productos residuales: rechazo sólido (producto de la depuradora) y agua residual (efluente de la depuración húmeda). El tratamiento consiste en:

- ✓ Neutralización: Reacción de un ácido y una base para formar sal y agua.
- ✓ Precipitación: Proceso o fenómeno de formación de un segundo estado o fase de la materia, dentro de una primera fase.
- ✓ Sedimentación: Proceso de deposición de los materiales resultantes de la erosión

- ***Aguas Residuales de Sellado, Baldeo y Mantenimiento en General***

Se generan pequeñas cantidades de aguas residuales por el agua utilizada para sellar y enfriar bombas y otros equipamientos. El agua de refrigeración o sellado a veces se contamina con aceites y grasas. El agua de limpieza utilizada para lavar

las zonas de descarga también es preocupante, porque contiene orgánicos de los RSU. Se sugiere que las aguas residuales se sedimenten antes de ser vertidas a las alcantarillas municipales.

- ***Aguas Residuales de Aguas de Alimentación***

El agua utilizada para fabricar vapor en un sistema de turbina de vapor debe cumplir con los requisitos más estrictos de calidad de aguas para sólidos totales disueltos (STD), pH y alcalinidad. Cumplir con estos requisitos requiere que los sistemas para el tratamiento de aguas de alimentación sean utilizados para las aguas de fuentes urbanas o de pozos In Situ. Los sistemas típicos de tratamiento pueden emplear una combinación de unidades de ablandamiento de aguas, intercambio iónico precipitación y ósmosis inversa. La descarga de estos sistemas deben regularse mediante las normativas locales y estatales vigentes en el sistema de alcantarillado de la ciudad.

15.8 Seguridad Industrial y Ocupacional

En la planta deben diseñarse, operarse y mantenerse de modo que protejan la salud y la seguridad del personal asociado a la operación de la planta.

15.8.1 Procedimientos de Diseño y Operación bajo condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional

Los procedimientos que deben aplicarse para el diseño y operación de la planta bajo unas adecuadas condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional son:

1. La planta debe poseer un sistema completo de control de incendios.

2. Debe prestarse atención a la salud de los operadores de la planta y los vehículos a través de la provisión de mecanismos y dispositivos de seguridad..
3. La planta debe disponer de métodos y/o equipos para la movilización de personal herido.
4. Procedimientos detallados deben desarrollarse por parte de la gerencia de la planta para la atención de situaciones de emergencia, tales como fallas de energía, fallas en el suministro de agua y aire, daños, incendios y explosiones en los equipos, etc. Estos procedimientos deben darse a conocer a todo el personal, y fijarse en lugares visibles para que los empleen en el caso que se necesiten. Estos procedimientos deben actualizarse y revisarse periódicamente.
5. Las vías y áreas internas de la planta deben ser pavimentadas para evitar la producción de polvo.
6. Respiradores apropiados o aparatos de autocontención de la respiración deben localizarse en lugares visibles para los trabajadores en toda la planta. El personal de la planta debe verificar periódicamente que estos funcionen. De igual forma debe capacitarse a los empleados en el funcionamiento de este tipo de equipos y deben elaborarse sus respectivos manuales de funcionamiento.
7. Los propietarios de la planta deben entrenar al personal en prácticas de primeros auxilios y en procedimientos de emergencia.
8. El personal que labora en la planta debe dotarse con equipos de seguridad tales como botas de seguridad (con puntera de acero), guantes, gafas de seguridad y casco.
9. El personal de la planta debe someterse a exámenes periódicos de control con el fin de evitar enfermedades infectocontagiosas o transmisibles.

10. Los propietarios de la planta deben identificar y controlar los riesgos físicos, químicos, biológicos, mecánicos, eléctricos, etc., relacionados con las actividades de la planta.

11. Es obligatorio establecer por parte de los propietarios de la planta regulaciones técnicas y administrativas destinadas a proteger, conservar y mejorar la salud de los trabajadores.

12. Se debe elaborar un manual de operación para la planta, donde se describan las tareas desarrolladas, los procedimientos de operación y las precauciones de seguridad para las diversas áreas de la planta. El manual debe estar a disposición del personal y debe escribirse de modo que sea entendible para cualquier nivel.

13. Se deben establecerse señales audibles con el fin de alertar el persona de operación en una situación de emergencia.

14. Se deben controlarse desviaciones peligrosas en las variables del proceso de incineración mediante la implementación de sistemas adecuados de instrumentación y control, además de buenas prácticas de operación y manejo.

15.9 Actividades de Mantenimiento para controlar y prevenir daños

Las actividades de mantenimiento que se ejecuten en la planta para controlar y prevenir daños, o para corregir estos cuando se hallan producido, deben dividirse en actividades de mantenimiento preventivo y en actividades de mantenimiento correctivo.

El equipo humano o el personal encargado de realizar las actividades de mantenimiento deberá estar conformado por personas responsables, con probada

capacidad técnica, experiencia y conocimientos para cumplir con la labor de mantenimiento que permita que la planta de incineración tenga una mayor eficiencia y que los costos se vean reducidos.

Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe desarrollarse un manual de operación y mantenimiento, en lo posible para todas las partes, unidades, sistemas y equipos de la planta de incineración. El manual debe incluir los planos, las partes y el sistema de funcionamiento.
2. Deben asegurarse los recursos financieros necesarios para realizar las actividades de mantenimiento dentro del presupuesto de funcionamiento de la planta.
3. Debe establecerse un cronograma de mantenimiento preventivo anual para la planta de incineración de modo que se vea afectada lo menos posible la operación de la planta. Dicho cronograma debe establecer actividades de:
 - a) Limpieza de los sistemas de almacenamiento de residuos y cenizas de la planta, de la cámara de combustión, del sistema de entrada de los residuos al incinerador, del sistema de remoción de partículas, del sistema de remoción de gases, del sistema de entrada de aire al incinerador y del sistema de recuperación de calor.
 - b) Verificación del funcionamiento y control de los sistemas de almacenamiento de residuos y cenizas de la planta, de la cámara de combustión (principalmente el estado del material refractario), del sistema de entrada de los residuos al incinerador, del sistema de remoción de partículas, del sistema de remoción de gases, del sistema de entrada de

aire al incinerador y del sistema de recuperación de calor. Dentro de las actividades de verificación y control que deben desarrollarse en cada uno de los sistemas están:

- ✓ Control de vibraciones y ruidos
 - ✓ Revisión de conexiones entre equipos
 - ✓ Actividades de lubricación y limpieza
 - ✓ Revisión de motores, compresores, etc.
 - ✓ Control y revisión de partes eléctricas
 - ✓ Control de fugas
 - ✓ Control de corrosión mediante aplicación de pinturas anticorrosivas o mediante la utilización de
 - ✓ ánodos de sacrificio o corriente impresa
 - ✓ Revisión de instrumentos y controladores
 - ✓ Pruebas de aislamientos en motores, medidores, etc.
4. Debe capacitarse permanentemente al personal de mantenimiento de la planta por medio de personal de la misma planta o personal contratado para tal fin.
 5. Deben establecerse procedimientos de operación alternos en la medida de lo posible, para cuando que haya necesidad de realizar mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se vea afectada lo menos posible la actividad de la planta de incineración.
 6. Debe llevarse un registro de las actividades de mantenimiento realizadas, tanto preventivas como correctivas, que permitan hacer más eficiente la labor desarrollada. El registro de mantenimiento debe contener como mínimo los siguientes parámetros:

- a) Actividad desarrollada (mantenimiento preventivo o correctivo).
 - b) Unidad, equipo o sistema analizado.
 - c) Problemas encontrados. (Si los hay o no).
 - d) Acciones desarrolladas. (Arreglos, cambios de partes, etc.)
 - e) Tiempo empleado.
 - f) Conclusiones y recomendaciones si las hay.
7. Debe contarse con una cantidad suficiente de materiales en bodega, herramientas, etc. para poder llevar a cabo las operaciones de mantenimiento dentro de la planta. Para tal fin, se exigirá:
- a) Tener un inventario detallado de las existencias de equipos, herramientas, materiales y todos los elementos que se encuentren en la bodega de almacenamiento.
 - b) Una señalización adecuada en la bodega que permita ubicar fácilmente lo que se necesite usar.
 - c) Personal responsable a cargo de estos elementos.
 - d) Tener un control de entradas y salidas de los elementos utilizados día a día.
 - e) Mantener al día las solicitudes de elementos a medida que estos se vayan utilizando.

16. CONCLUSIONES

Teniendo en consideración el fuerte proceso de urbanización a que la humanidad esta sometida en este momento, y que todas las perspectivas indican que va a intensificarse, la incineración constituye, hoy en día, una de las alternativas claras que existen para la gestión de los residuos. Aunque su uso debe considerarse no como la solución, sino como un elemento base dentro de un sistema integrado de gestión de residuos municipales, aprovechando las ventajas que los diversos sistemas de tratamiento de basuras ofrecen, e intentado obviar los inconvenientes de cada uno de ellos. Otro aspecto importante a considerar, no solo en la incineración, sino en todos los sistemas de tratamiento de basuras, es que deben responder a los máximos criterios de una gestión de calidad.

De acuerdo a los estudios realizados la ejecución del diseño de la planta generadora de biogás a partir de los residuos sólidos ubicados en el relleno sanitario de Palangana, suple la necesidad que tiene la ciudad de disminuir el grado de contaminación y a la vez garantiza el adecuado manejo de los residuos de acuerdo a la normativa contemplada en los Pgirs; sin embargo enfrenta barreras que pueden resumirse en cuatro aspectos a considerar:

- **Información:** la pequeña y mediana industria del sector carecen de la información que les permita evaluar debidamente el valor agregado que pueden reportar con el aprovechamiento energético de los residuos, por lo que no se tiene una idea adecuada de la rentabilidad de los proyectos de recuperación energética de los desechos.

- **Financiero:** Al no existir programas financieros que soporten las inversiones en este tipo de proyectos, los entes encargados del manejo de residuos como lo es Interaseo, están obligados a financiarlos con su propio capital o a partir de endeudamiento bajo las tasas de interés comerciales del mercado. Esta situación hace disminuir la tasa de retorno y, por ende, la factibilidad económica.
- **Política:** aunque existen programas de gobierno enfocados al fortalecimiento de las tecnologías y al adecuado manejo de los residuos, no se dispone de un capital económico para tal fin.
- **Institucional:** no existe en la región la capacidad y el soporte técnicos formales para el desarrollo y aplicación de este tipo de tecnologías.

17. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FASES DEL PROYECTO Y/O ACTIVIDADES	MESES																							
	1				2				3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1: Recopilación y Análisis de la Información.	█	█	█																					
Fase 2: Definir los requerimientos principales del diseño.				█	█	█																		
Fase 3: Análisis del Contexto e Identificación de oportunidades.					█	█	█																	
Fase 4: Registrar los resultados y evaluar su aplicación.								█	█	█														
Fase 5: Diseño Preliminar.												█	█											
Fase 6: Evaluación del Diseño.														█	█	█	█	█						
Fase 7: Correcciones en caso de presentarse fallas.																					█	█		
Fase 8: Presentación del Proyecto.																							█	█

El tiempo puede variar de acuerdo a los avances o imprevistos presentados a lo largo del periodo de diseño.

18. GLOSARIO

Aire: Fluido que forma la atmósfera de la tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

Almacenamiento: Acumulación o depósito temporal, en recipientes o lugares, de la basura y residuos sólidos de un generador o una comunidad, para su posterior recolección, aprovechamiento, transformación, comercialización o disposición final.

Aprovechamiento: Proceso mediante el cual , a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos.

Basura: Todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o recirculación a través de un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, no se reincorporan al ciclo económico y productivo, requieren de tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

Biodegradabilidad: Capacidad de descomposición rápida bajo condiciones naturales.

Biogás: Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de las basuras, cuyo componente principal es el metano.

Biomasa: El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).

Botadero: Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

Calidad: se define como la capacidad de cubrir las expectativas de los clientes, por medio de la maximización de la satisfacción y la minimización de la insatisfacción

Calidad esperada: Aquellas características que el cliente espera siempre del producto y se sentiría muy insatisfecho si no las encontrara.

Calidad mejorable: Las que proporcionan mayor satisfacción al usuario cuanto mayor es su nivel de aparición o desarrollo en el producto, y viceversa, pero que no son especialmente significativas en el comportamiento del producto.

Calidad de sobre-satisfacción: Características inesperadas por el usuario, pero que en caso de encontrarlas, le proporcionan gran satisfacción.

Calor generado por la combustión: Calor emitido durante el proceso de combustión, parcialmente almacenado en los productos de combustión y parcialmente transferido por convección, conducción y radiación a las paredes del sistema de combustión, al combustible entrante y a las cenizas (rechazos).

Cámara de combustión: Compartimiento de un incinerador donde los residuos son quemados.

Caneca doméstica: Recipiente retornable después de la recolección, de propiedad del usuario. Donde éste almacena temporalmente la basura doméstica.

Canecas públicas: Recipientes para el almacenamiento temporal de los residuos que se generan en la vía pública, áreas de recreo, paseos, parques y plazas.

Caracterización de los residuos: Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica.

Características de Calidad: requerimientos o atributos esperados por el cliente.

Carga contaminante: Cantidad de un determinado agente adverso al medio, contenido en un residuo sólido.

Celda diaria: Área definida donde se esparcen y compactan los residuos durante el día para cubrirlos al final del mismo.

Cenizas residuales o cenizas de fondo (Bottom ash): Material sólido que permanece en la cámara de combustión o cae a través de las parrillas después que el procesamiento térmico se ha completado.

Cenizas volantes (Fly ash): Partículas residuales no combustibles emitidas o transportadas por los gases de combustión.

Centro de acopio: Lugar donde los residuos sólidos son almacenados y/o separados y clasificados según su potencial de reuso o transformación.

Centros de gran generación: Lugares en los cuales se genera diariamente una gran cantidad de residuos sólidos, que por sus características, deben almacenarse en forma segura, higiénica y sanitaria.

Combustible: Materiales que pueden ser incinerados a una temperatura específica, en presencia de aire para liberar energía calorífica.

Combustión: Combinación química de oxígeno con una sustancia, produciéndose calor y normalmente luz.

Combustión completa: Combustión en la cual el combustible es totalmente oxidado.

Combustión con exceso de aire: Combustión con oxígeno en exceso sobre las necesidades estequiométricas del mismo.

Combustión estequiométrica: Combustión con la cantidad de oxígeno exactamente necesaria para que se produzca la combustión total de los residuos sólidos.

Combustión incompleta: Combustión en la cual el combustible no es totalmente oxidado.

Compost: Material estable que resulta de la descomposición de la materia orgánica en procesos de compostaje.

Compostaje: Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en las basuras se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para cultivos y recuperación de suelos.

Conducto de venteo: Estructura de ventilación que permite la salida de los gases producidos por la biodegradación de los residuos municipales.

Contaminante: Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos o formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

Densidad: Masa o cantidad de materia de los residuos, contenida en una unidad de volumen, en condiciones específicas.

Desecho: Término general para residuos sólidos excluyendo residuos de comida y cenizas sacados de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones.

Desecho sólido: Ver definición residuo sólido.

Desperdicio: Residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal, sujeto a putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos para uso animal y humano.

Dióxido de azufre (SO₂): Polucionante gaseoso, inodoro, ácido, formado principalmente de la combustión de combustibles fósiles.

Dióxido de carbono (CO₂): Gas incoloro, inodoro y no tóxico que produce ácido carbónico cuando está disuelto en agua. Se produce durante la degradación térmica y descomposición (microbial) por microbios de los residuos sólidos.

Dióxido de nitrógeno (NO₂): Resultado de la combinación del óxido nítrico con oxígeno en la atmósfera. Es el mayor componente del smog fotoquímico.

Disposición final de residuos sólidos peligrosos: Actividad de incinerar en dispositivos especiales o depositar en rellenos de seguridad residuos peligrosos, de tal forma que no representen riesgo ni causen daño a la salud o al ambiente.

Disposición final de residuos: Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en forma definitiva, en forma definitiva, efectuado por las personas prestadoras de servicios, disponiéndolos en lugares especialmente diseñados para recibirlos y eliminarlos, obviando su contaminación y favoreciendo la transformación biológica de los materiales fermentables, de modo que no representen daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Distribución de la Calidad: Proceso de medición o evaluación de las expectativas de los clientes, a modo de determinar la relevancia de cada requerimiento en el proceso de mejora de un producto o servicio.

Emisión: Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

Entidad prestadora del servicio público domiciliario de aseo: Persona natural o jurídica, pública, privada o mixta, encargada de todas, una o varias actividades de la prestación del servicio público domiciliario de aseo.

Estudio de evaluación de impacto ambiental: Estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas

para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

Fuente de emisión: Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente fija puntual: Fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

Fuente fija: Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Furanos: Miembros de la familia de los compuestos orgánicos conocidos como policlorodibenzofurano (PCDF). Una molécula de la familia PCDF está formada por una estructura de triple anillo en la que dos anillos del benceno están interconectados por un átomo de oxígeno.

Gases ácidos: Productos de la incineración de residuos que contengan Flúor y Cloro. Se generan ácido fluorhídrico (HF) y ácido clorhídrico (HCl).

Generador: Personas naturales o jurídicas, habitantes permanentes u ocasionales, acionales o extranjeros que perteneciendo a los sectores residencial o no residencial y siendo usuario o no del servicio público domiciliario de aseo, generan o producen basuras o residuos sólidos, como consecuencia de actividades domiciliarias, comerciales, industriales, institucionales, de servicios y en instituciones de salud, a nivel urbano y rural, dentro del territorio nacional.

Gestión integral de residuos: Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a las basuras y residuos producidos, el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características,

volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

Hidrocarburo: Compuesto químico constituido enteramente por carbón e hidrógeno.

Incineración: Procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante la oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno. Proceso de reducir los desechos material inerte (escoria) y a productos gaseosos completamente oxidados mediante la combustión.

Incineración con recuperación de energía: Proceso industrial controlado mediante el cual los residuos sólidos con un alto poder calorífico se utilizan como combustible para generar energía.

Incinerador: Horno para quemar o incinerar residuos bajo condiciones controladas.

Lixiviado: Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de las basuras bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

Lodo: Suspensión de materiales en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales, del tratamiento de efluentes líquidos o de cualquier actividad que lo genere.

Macro ruta: División geográfica de la zona para la distribución de los recursos y equipos de recolección.

Micro ruta: Descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico.

Material articulado: Partículas sólidas o líquidas finas como polvos, neblina, smog etc. encontradas en el aire o en las emisiones.

Matriz de Calidad: Mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (Que's) con las características técnicas (Como's)) necesarias para satisfacerlos.

Monóxido de carbono (CO): Gas venenoso, inodoro, incoloro, producido de la combustión incompleta de un combustible fósil.

Nivel freático: Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno.

Óxidos de nitrógeno (NOx): Productos de la combustión de fuentes fijas y móviles. Es uno de los mayores contribuyentes de la formación de ozono en la troposfera y de la precipitación de ácidos.

Peso Absoluto: se obtiene multiplicando directamente la Importancia, el Diferencial de Mejora y el Argumento de Venta en la matriz de calidad.

Peso Relativo: es la conversión en porcentaje de los Pesos Absolutos.

Procesamiento térmico de residuos sólidos: Conversión de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosos, líquidos y sólidos, con la subsiguiente o simultánea emisión de energía en forma de calor.

Producción limpia: Reorientación de los sectores productivos, dentro de una dimensión ambiental hacia formas de gestión y uso de tecnologías ambientalmente sanas, aumentando la eficiencia en el uso de recursos energéticos e hídricos, sustitución de insumos, optimización de procesos, modificación de productos y minimización de basuras y residuos sólidos.

Producción per cápita: Cantidad de residuos generada por una población, expresada en términos de kg/hab-día o unidades equivalentes.

Productos de la combustión: Sustancias producidas durante la quema o incineración de materiales.

Punto de descarga: Ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes a la atmósfera.

QFD: Despliegue de la Función de Calidad (*Quality Function Deployment*) es una metodología orientada a apoyar a los equipos de desarrollo y mejora de productos, en el proceso de definición de los atributos, características, especificaciones hasta los procesos productivos y control de calidad, desde el punto de vista de satisfacer las necesidades de los consumidores y usuarios a los que va destinado el producto.

Receptor: Persona natural o jurídica que recibe un residuo.

Reciclaje: Procesos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelven a los materiales sus potencialidades de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje consta de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Recolección: Acción y efecto de retirar y recoger las basuras y residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por su generador o por la entidad prestadora del servicio público.

Recolección en acera: Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos son presentados por los usuarios para su recolección en el andén ubicado frente a su predio o domicilio.

Recolección en esquinas: Sistema de recolección en el que los residuos de un sector son colocados en una zona (esquina) próxima a la vivienda.

Recolección en unidades de almacenamiento: Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos generados por los usuarios se presentan para su recolección en cajas de almacenamiento

Recuperación: Acción que permite retirar y recuperar de las basuras aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

Reducción en el origen: Forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, así como el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales, por esta razón se encuentra en primer lugar en la jerarquía de una gestión integrada de residuos sólidos.

Relación carbono-nitrógeno: Parámetro utilizado como control de calidad de los residuos sólidos dentro de un sistema, utilizando como base la materia orgánica.

Relleno de seguridad: Relleno con características especiales para el confinamiento y aislamiento temporal de residuos sólidos peligrosos, hasta tanto se desarrollen tecnologías que permitan su disposición final.

Relleno sanitario: Lugar técnicamente diseñado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería. Confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

Residuo sólido: Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico. Se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Residuos peligrosos: Aquellos que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radiactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuo sólido combustible: Residuo peligroso que exhibe las características de combustible establecidas en este código.

Residuo sólido comercial: Residuo generado en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

Residuo sólido corrosivo: Residuo peligroso que exhibe las características de corrosivo establecidas en este código.

Residuo sólido domiciliario: Residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

Residuo sólido especial: Aquellos por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos normalmente, a juicio de la entidad prestadora del servicio de aseo.

Residuo sólido explosivo: Residuo peligroso que exhibe las características de explosivo establecidas en este código.

Residuo sólido industrial: Residuo generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

Residuo sólido infeccioso: Residuo peligroso que exhibe las características de infeccioso establecidas en este código.

Residuo sólido inflamable: Residuo peligroso que exhibe las características de inflamable establecidas en este código.

Residuo sólido institucional: Residuo generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

Residuo sólido radioactivo: Residuo peligroso que exhibe las características de radioactivo establecidas en este código.

Residuo sólido reactivo: Residuo peligroso que exhibe las características de reactivo establecidas en este código.

Residuo sólido tóxico: Residuo peligroso que exhibe las características de tóxico establecidas en este código.

Residuo sólido volátil: Residuo peligroso que exhibe las características de volátil establecidas en este código.

Residuos sólidos con características especiales: Residuos que por su tamaño, volumen o peso requieren de un manejo especial.

Residuos sólidos urbanos: Residuos generados en viviendas, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y, en general, todos aquellos generados en actividades urbanas que no requieran técnicas especiales para su control.

Reutilización: Prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante tratamientos mínimos devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original en alguna relacionada, sin que para ello requieran de adicionales procesos de transformación.

Separación en la fuente: Clasificación de las basuras y residuos sólidos en el sitio donde se generan. Su objetivo es separar los residuos que tienen un valor de uso indirecto, por su potencial de rehuso, de aquellos que no lo tienen, mejorando así sus posibilidades de recuperación.

Servicio especial de aseo: Servicio relacionado con la recolección, transporte y tratamiento de residuos sólidos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, no pueden ser manejados, tratados o dispuestos normalmente, a juicio de la entidad prestadora del servicio de aseo.

Servicio público domiciliario de aseo: Es el servicio de recolección de residuos, principalmente sólidos, el barrido y limpieza de vías y áreas públicas, transporte y disposición final sanitaria, incluyendo las actividades complementarias de transferencia , tratamiento y aprovechamiento.

Temperatura de combustión: Temperatura necesaria para producir la combustión completa de los residuos sólidos. Cuanto mayor sea el contenido de aire en exceso, el contenido de oxígeno en los gases de la chimenea también incrementa y la temperatura de combustión disminuye. La temperatura de los gases de la chimenea es importante desde el punto de vista de control de olores.

Tiempo de residencia: Tiempo necesario que deben permanecer los residuos sólidos en la cámara de combustión para que se produzca la combustión completa de los mismos a las condiciones de temperatura y aire en exceso que se tengan.

Tratamiento: Conjunto de operaciones, procesos o técnicas encaminadas a la eliminación, la disminución de la concentración o el volumen de los residuos sólidos o basuras, o su conversión en formas más estables.

Tratamiento biológico: Tratamiento tecnológico que utiliza bacterias u otros organismos para consumir residuos orgánicos.

Usuario: Persona natural o jurídica beneficiada de la prestación del servicio público de aseo, en calidad de propietario y/o receptor del servicio.

Vectores: Organismos, generalmente insectos o roedores que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro.

19. REFERENCIACIÓN GENERAL

19.1 NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS

Las siguientes son las normas técnicas, tanto expedidas por el ICONTEC, y otras entidades internacionales a las cuales se hace referencia en este proyecto

19.1.1 Normas Técnicas Colombianas

- GTC 24 Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.
- GTC 30 Gestión ambiental. Suelos. Guía para el monitoreo de aguas subterráneas.
- NTC 3400 Higiene y seguridad. Medio ambiente. Determinación del índice de polución de un gas ácido en el aire.
- NTC 3704 Gestión ambiental. Aire ambiente. Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire.
- NTC 3746 Gestión ambiental. Aire ambiente. Método de ensayo para el monóxido de carbono en el aire ambiente (medición continua mediante espectrometría infrarroja no dispersiva).
- NTC 3948 Gestión ambiental. Suelo. Especificaciones técnicas para la construcción de un pozo de monitoreo de aguas subterráneas.

- NTC-ISO 5667-6 Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de ríos y corrientes.
- NTC-ISO 5667-11 Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas subterráneas.
- NTC-ISO 6767 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de tetracloromercurato (tcm) pararrosanilla.
- NTC-ISO 6768 Gestión ambiental. Aire. Ambiente. Determinación de la concentración másica de dióxido de nitrógeno. Método de modificado de Griess - Saltzaman.
- NTC-ISO 7934 Gestión ambiental. Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de peróxido de hidrogeno/perclorato de bario/thorina
- RAS-2000. Sistemas de Aseo Urbano
- NTC-ISO 7996 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Métodos de quimioluminiscencia.
- NTC 3662 Gestión ambiental. Aire. Recolección y medición de partículas de polvo sedimentable
- NTC 3857 Higiene industrial. Determinación de plomo en muestras ambientales. Método de espectrofotometría de absorción atómica con sistema de horno de grafito.
- NTC 3863 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de cobalto y compuestos de cobalto en muestras ambientales. Técnica NIOSH 7027/84.
- NTC 3864 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de arsénico y compuestos de arsénico en muestras ambientales. Técnica NIOSH 7013/84.

- NTC 3885 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de plomo en muestras ambientales métodos de espectrofotometría de absorción atómica con sistema de llama.
- NTC ISO 6767 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de tetracloromercurato (TMC) pararrosanilla.
- NTC ISO 6768 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de dióxido de nitrógeno. Método modificado de Griess-Saltzman.
- NTC ISO 7934 Gestión ambiental. Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre

19.2 LEYES, DECRETOS Y LEGISLACIÓN PERTINENTE

- Decreto 02 de 1982 Ministerio de Salud
- Decreto 1594 de 1984 por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 2104 de 1983 del Ministerio de Salud por el cual se reglamentan el título III de la parte IV del Libro I del Decreto 2811 de 1974 y los títulos I y XI de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Residuos Sólidos.
- Decreto 2240 de 1996 del Ministerio de Salud por el cual se dictan normas en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las instituciones prestadoras del servicios de salud.
- Decreto 605 de 1996 del Ministerio de Desarrollo Económico por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.

- Decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios
- Ley 55 de 1993, sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo.
- Ley 9 de 1979 por el cual se dictan medidas sanitarias.
- Resolución 04445 de 1996 del Ministerio de Salud por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud y se dictan otras disposiciones técnicas y administrativas.
- Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de Salud por la cual se dictan normas para el cumplimiento del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto - Ley número 2811 de 1974 y de los títulos i, iii, XI de la ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
- Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y carga orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

20. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- GORDON, Jo. Reciclar. Colección Tierraviva. Ediciones SM. España, 1993.
- TCHOBANOGLOUS G. y otros. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Tomos 1 y 2. Madrid, 1994.
- PIBERNAT, Oriol. CHÁVEZ Norberto. La Gestión Del Diseño. Editorial IMPI (Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Industrial). Madrid, 1986.
- PIBERNAT, Oriol. El Diseño En La Empresa. Editado por el Instituto Nacional de fomento de la Exportación (INFE). Madrid, 1986.
- QUARANTE, Danielle. Diseño Industrial, Elementos Introdutorios. Editorial CEAC. Barcelona, 1992.
- QUARANTE, Danielle. Diseño Industrial, Elementos Tóxicos. Editorial CEAC. Barcelona, 1992.
- VITRAC, Jean-Pierre. La Estrategia De Producto Y Diseño. Editorial Ediciones Gestión 2000. Barcelona, 1994.
- J.M. Juran. "Juran Y La Planificación Para La Calidad". Ediciones Díaz de Santos. Madrid, 1997.
- MICROSOFT CORPORATION, Enciclopedia Encarta 2004. Control de Calidad. 1993-1997.
- J. M. Juran y F. M. Tryna. Análisis y planeación de la calidad. Mc Graw Hill.
- AKAO, J. Despliegue Funcional de la Calidad. Editorial Productivity. Madrid, 1993.
- GOESTCH, David. Introduction to Total Quality. Editorial Merrill. USA, 2001.

- CUATRECASAS, Luis. Gestión Integral de la Calidad. Editorial Gestión 2000.com. Barcelona, 2001.
- _____. Invasión de las Basuras. Colección Operación Tierra. Editorial Sigmar. Madrid, 1994.
- HENRY, J. Glynn. HEIKE, Gary. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. México, 2000.
- AKAO, Yoji and Glenn H. Mazur (1998). "Using QFD to Assure QS-9000 Compliance". International Symposium on QFD '98, Sydney.
- BARAD, Miryam and Denis Gien (2001). "Linking improvement models to manufacturing strategies—a methodology for SMEs and other enterprises", *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 12, pp. 2675-2695.
- CHAN, Kao, A. Ng and M. L. Wu (1999). "Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 11, pp. 2499-2518.
- CHEN, C.L. and S.F. Bullington (1993). "Development of a strategic plan for an academic department through the use of quality function deployment", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 25, Nos. 1-4, 1993, pp. 49-52.
- CRISTOFARI, M., A. Deshmukh, y B. Wang (1996). "Green quality function deployment", *Proceedings of the 4th International Conference on Environmentally Conscious Design and Manufacturing*, July 23-25, Cleveland, Ohio, pp. 297-304.
- TAMAYO, Francisco y GONZALEZ, Verónica. ¿Que es el QFD? Descifrando el Despliegue de la Función de Calidad, Asociación Latinoamericana de QFD, Mexico
- MONTAÑA, Jordi. Como diseñar un producto, Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Industrial IMPI, Madrid-España 1989

Revistas y Documentos:

- GOBIERNO DE CHILE. CONSESIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Tecnologías de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Domiciliarios.
- COLOMBIA. ALCALDIA DISTRITAL SANTA MARTA. Plan Distrital de desarrollo 2004-2007.
- Plan de Ordenamiento Territorial 2000 – 2009
- COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA. Expediente 2736 PGIRS E.S.P.A distrito de Santa Marta.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Formulación de Información de Proyecto – Cambio Climático Ambiental. Buenos Aires, 2004.
- GOBIERNO DE CHILE, COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Plantas Biológicas para Producir Biogás. Santiago, 2001.
- INGEAMBIENTE LTDA. Estudio del Impacto Ambiental del Relleno Sanitario de Santa Marta. Santa Marta, 1998.
- Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-MinDesarrollo-MinAmbiente-SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.
- COLOMBIA MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la Gestión Integral de Residuos Santa Fe de Bogota 1997.
- _____. Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, 2002
- _____. Selección de Tecnología de Manejo Integral de Residuos Sólidos Santa Fe de Bogota 2002.

Paginas Web:

- www.ccoo.es/publicaciones/periodicas.html
- www.energias-renovables.com/index
- afexparachicos.tripod.com/biogas.htm
- www.qfdlat.com/herramientas_QFD/herramienta_QFD.html
- www.qfdlata.com/QFDLAT/qfdlat.html
- www.uah.es/estudios_de_organizacion/temas_organizacion.html
- www.interaseo.edu.co
- www.competitividad.net
- www.cims.rit.edu/resources/taguchi.html
- www.ces.iisc.ernet.in/energy
- www.multiteca.com/apuntes/documentos/d-10-3
- www.tkfsa.com.co/publicaciones/inceineradores

ANEXOS

FORMATOS MANUALES DE METODOLOGIA ¹

Fase Nº 1: Recopilación y Análisis de la Información

NOMBRE DEL PROYECTO: <i>IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA.</i>			
Formato ID –01: Descripción de la situación actual			
Parte A: Aspectos generales			
UBICACIÓN			
Departamento: Magdalena		Población total actual: 236. 022	
Municipio: Santa Marta		Población rural: 2.300	
		Población urbana: 233.722	
LOCALIDAD(ES) AFECTADAS			
Nombre: Sector Palangana			
Población total actual: 750 habitantes			
Nombre y distancia del núcleo urbano mas cercano: Santa Marta, a 3 km			
Altura promedio: 6 msnm			
Temperatura media: 28 – 32°C			
TIPO PRINCIPAL DE ACCESO			
Terrestre	X	Fluvial	-----
Aéreo	-----	Otro (especificar)	-----
Disponibilidad de otros servicios públicos (SI o NO)			
Energía eléctrica	SI	Acueducto	NO
Matadero con tratamiento	NO	Alcantarillado	NO
Matadero sin tratamiento	NO	Aseo	SI
Plaza de mercado	NO	Otros	NO

¹ Anexo 1

NOMBRE DEL PROYECTO¹:		
IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA		
Formato ID –01: Descripción de la situación actual		
Parte A: Aspectos generales		
Población actual: 750 habitantes		
No. Actual de viviendas: 220 viviendas.		
Actividades que demandan residuos sólidos recuperados: Reutilización de envases plásticos y de vidrio, elaboración de abono a partir de desechos orgánicos.		
a. Población actual con servicios: 226.581 habitantes		
b. Cobertura del servicio: $\frac{\#deusuarios}{\#deviviendas} \times 100 = 96\%$		
c. Producción de residuos sólidos: 286 Ton/día (temporada baja) y 450 – 500 Ton/día (temporada alta).		
d. Frecuencia de recolección: 220 – 230 viajes/semana.		
e. Recolección de residuos no convencionales:		
Hospitalarios	Si	No
Escombros	Si	No
Otros (Animales muertos, podas, etc)	Si	No
f. Descripción del sistema de barrido: El barrido en la ciudad de Santa Marta, se hace manual por medio de los escobitas quienes cuentan con Camioneta Ford-350, carritos, tanque, pala, cepillos y bolsas plásticas y realizan su labor comedidamente; además está el barrido mecánico, el cual se lleva a cabo por medio de una Barredora Elgin Pelican, con capacidad de 3 m ³ operada por un empleado de la empresa de aseo y junto a dos acompañantes.		
g. Descripción del sistema de transporte de residuos sólidos: La empresa INTERASEO cuenta con una serie de camiones y vehículos los cuales se describen a continuación: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 6 camiones C – 70 que tiene una capacidad e 6 Ton/viaje ➤ 5 camiones tipo International, que tiene una capacidad de 10 – 11 Ton/viaje ➤ 2 volteos tipo DINA, con capacidad de 4.5 a 5 Ton/viaje ➤ 1 camión tipo International M – 12, con capacidad de 12 a 13 Ton/viaje. ➤ 1 camión tipo International M – 13, con capacidad de 9.5 a 10 Ton/viaje. 1 camión tipo Amplirol M – 18 con capacidad de 3.5 Ton/viaje 		
h. Descripción del sistema de disposición final: Se realiza en el Relleno Sanitario de Palangana. Los desechos hospitalarios y de mataderos son separados de los desechos residenciales, hoteleros y de mercado, antes del reciclaje informal efectuado por cooperativas de recicladores; finalmente se esparce con un buldózer, se cubre con tierra y se compacta		
i. Existe otro sistema alternativo de residuos sólidos (reciclaje, compostaje, lombricultura, incineración, etc)		
Si	No	Cuáles? Separación de materiales, y el proceso de reciclaje lo llevan a cabo otras instituciones.

¹ Anexo 1

NOMBRE DEL PROYECTO: <i>IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA¹</i>							
Formato ID –01: Descripción de la situación actual							
ParteC: Análisis del sistema de aseo por componentes (si existe)							
COMPONENTE	EXISTE		FUNCIONA		CAPACIDAD ACTUAL		ESTADO Y OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	Unidad	Instalada	(B/R/M)
Recolección	X		X		286 Ton/día	300 Ton/día	B
Transporte	X		X		103 Ton/viaje	110 Ton/viaje	B
Barrido	X		X		400 Ton	415 Ton	B
Disposición Final	X		X		50 Has	50 Has	M
Aprovechamiento		X		X			
Reciclaje	X		X				Está a cargo de diversas organizaciones de recicladores.
Compostaje		X		X			
Incineración		X		X			

¹ Anexo 1

NOMBRE DEL PROYECTO:									
IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA ¹									
Formato ID –01: Descripción de la situación actual									
Parte D: Descripción general del sistema de aseo									
A. Planificación									
Existe Plan Municipal de Residuos			SI		X		NO		
Descripción general			Las PGIRS son una serie de procesos en la cual se realiza el diagnostico técnico, financiero, institucional, ambiental y socioeconómico de la situación actual del Distrito, con respecto a la generación y manejo de los residuos sólidos producidos; que permita conocer los problemas y necesidades de la comunidad en cada una de las etapas de la GIRS.						
B. Presentación de los residuos									
Presentación en la fuente		Separación en la fuente		X		Sin Separar			
C. Recolección									
Tipo de recolección		Microruteo		X		Macroruteo		X	
Sistema de recolección		Acera	X	Esquinas	X	Contenedor	X	Otros	
Días de recolección									
Horarios de recolección: Ver programación de la prestación de los servicios									
Sector en donde se realiza la recolección									
Residencial	X	Comercial	X	Plaza de mercado	X	Matadero	X		
Manejo de residuos no convencionales									
Existe recolección de escombros		X		Hospitalarios		X		Sector industrial	X
D. Barrido y limpieza									
Barrido		Frecuencia de barrido		7 veces/semana		Cobertura del barrido		50 %	
Tipo de barrido		Manual		X		Mecánico		X	
Transporte									
Transporte		Tipo de vehículo recolector		Camión C – 70, tipo International (m –12, M – 13 y M – 18), volteos tipo DINA.		Cantidad		103 Ton/viaje o 286 Ton/día	

¹ Anexo 1

NOMBRE DEL PROYECTO: <i>IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA¹</i>							
Formato ID –01: Descripción de la situación actual							
Parte E: Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos							
E. Aprovechamiento y Valorización							
Efectúan reciclaje		Si		No		X	
Separación en la fuente	X	En la disposición final	X	Centro de acopio			
Entidades encargadas: Renacer, Desplazados de la violencia, chiveras, etc.							
Tipo de residuos reciclados							
Vidrios	5 Ton/día	Papel	15 – 20 Ton/día	Chatarra	21 Ton/día	Otros	20 Ton/día
Efectúan compostaje		Si		No		X	
Efectúan lombricultura		Si		No		X	
F. Disposición final de residuos							
Ubicación	Vía a Bahía Concha (sector de Palangana)		Municipio	Santa Marta	Departamento	Magdalena	
Sistema de disposición final							
Botadero a cielo abierto		Enterramiento		Relleno sanitario		X	
Manejo y tratamiento de lixiviados		Si		X		No	
Forma de manejo y tipo de tratamiento: Recirculación.							
Manejo y tratamiento de gases		Si		X		No	
Forma de manejo y tipo de tratamiento: Quemando los gases y aplicación de producción limpia.							
Cobertura diaria	X	Intermedia		Otros			

¹ Anexo 1

NOMBRE DEL PROYECTO: <i>IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA QFD EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA APROVECHANDO LOS RESIDUOS ORGANICOS PROVENIENTES DEL RELLENO SANITARIO DE PALANGANA EN SANTA MARTA¹</i>						
Formato ID –01: Descripción de la situación actual						
Parte F: Tratamiento y disposición final de los residuos sólidos						
Distancia del casco urbano: a 3 Kms.						
Tonelada de basura dispuesta: 15.000 Ton						
Capacidad de la disposición final: 25.000 Ton						
Vida útil del sitio de disposición final: 25 años						
Área total del sitio de disposición final: 50 Has						
Se presta el servicio de disposición a otros municipios	Si			No		X
Incineración	Si			No		X
Manejo ambiental						
Descripción de los impactos ambientales relevantes						
Sobre el suelo	Alto	X	Medio		Bajo	
Sobre el agua	Alto		Medio	X	Bajo	
Sobre el aire	Alto	X	Medio		Bajo	
Sobre la fauna y la flora	Alto	X	Medio		Bajo	
Se generan vectores en el sitio de disposición final	Si			X	No	
Se generan olores desagradables en el sitio de disposición final	Si			X	No	
Se afecta a la comunidad	Si			X	No	
Hay contaminación de aguas	Si			X	No	

¹ Anexo 1

PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN EN LAS DIFERENTES CIUDADES DEL PAÍS²

Ciudad o Municipio	Razón Social	Desde	Hasta	No de usuarios	Residuos Sólidos Manejados Ton/Mes	Residuos Sólidos Manejados Ton/día	Barrido y Limpieza de Vías Áreas Públicas Km./Mes	Barrido y Limpieza de Vías Áreas Públicas Km./día	Componentes Ejecutados en el Servicio								
									Recolección	Transferencia	Transporte	Barrido manual	Barrido Mecánico	Reciclaje	Disposición final	Equipos	Personal
Santa Marta	Interaseo S.A. E.S.P.	1993	2007	73.000	9.000	346	12.000	400	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	37	202
Barranquilla	Aseo Técnico S.A.	1994	2006	257.000	40.000	1.538	19.800	660	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	130	693
Soledad-Atlántico	Aseo Soledad S.A. E.S.P.	2005	2023	65.500	5.000	200	2.500	83	Si	No	Si	Si	No	No	Si	15	55
Valledupar	Aseo del Norte S.A. E.S.P.	2000	2020	56.000	6.700	258	5.000	167	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	33	134
Sincelejo	Aseo Sincelejo Limpio S.A. E.S.P.	1997	2010	36.000	4.500	160	3.800	128	Si	No	Si	Si	No	No	Si	17	97
Maicao	Interaseo de la Frontera S.A. E.S.P.	2000	2008	17.500	1.700	65	800	29	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	8	36
Bogotá	ATESA S.A. E.S.P.	2003	2010	252.000	22.000	846	38.600	1.287	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	75	677
Ibagué	Interaseo del Sur E.S.P.	2000	2008	100.000	7.400	285	7.500	250	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	40	311
Distrito San Miguelito	Revisalud Panamá S.A.	2001	2027	58.000	6.500	250	3.000	100	Si	No	Si	Si	No	No	No	41	244
Maracaibo	Revisalud Venezuela C.A.	2005	2015	265.000	51.000	1.962	0	0	Si	No	Si	No	No	No	Si	90	350
Girardota-Ant	Giraseo S.A. E.S.P.	1998	2013	9.000	550	21	1.500	50	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	3	25
Copacabana-Ant	Copaseo S.A. E.S.P.	1998	2010	17.100	800	31	1.400	47	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	3	27

² Anexo 2

Itagui- Ant	Serviaseo Itagui S.A. E.S.P.	1997	2013	67.000	4.000	154	3.700	123	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	33	143
Sabaneta-Ant	Aseo Sabaneta S.A. E.S.P.	1998	2013	14.000	900	35	800	27	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	4	26
Bello-Ant	Bello Aseo S.A. E.S.P.	1997	2012	93.000	4.300	165	5.000	167	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	25	125
La Estrella-Ant	Aseo Siderense S.A. E.S.P.	1998	2014	14.500	700	27	700	23	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	4	22
Caldas-Ant	Aseo Caldas S.A. E.S.P.	1997	2012	17.500	700	27	1.500	50	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	3	27
TOTAL				1.412.100	165.750		107.600										

NOTA: Los valores mencionados en el cuadro son aproximados por su variabilidad

Actualmente, se está implementando nueva tecnología para separación, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos en la ciudad de Ibagué²

² Anexo 2

TARIFAS PARA SANTA MARTA³

TARIFAS 2006

ESTRATO / TIPO DE USO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Residencial												
ESTRATO 1 (BAJO-BAJO)	2.778	2.855	2.932	3.009	3.086	3.163	3.163	3.163	3.163	3.163	3.163	3.163
ESTRATO 2 (BAJO)	4.550	4.643	4.736	4.829	4.922	5.015	5.015	5.015	5.015	5.015	5.015	5.015
ESTRATO 3 (MEDIO-BAJO)	7.401	7.538	7.675	7.812	7.949	8.088	8.088	8.088	8.088	8.088	8.088	8.088
ESTRATO 4 (MEDIO)	12.204	12.376	12.549	12.722	12.895	13.068	13.068	13.068	13.068	13.068	13.068	13.068
ESTRATO 5 (MEDIO-ALTO)	31.482	31.779	32.076	32.373	32.669	32.965	32.965	32.965	32.965	32.965	32.965	32.965
ESTRATO 6 (ALTO)	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810	35.810
Pequeño Productor												
Comercial e Industrial	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789	39.789
Oficial o Especial	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199	35.199
Gran Productor												
Comercial e Industrial	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379	36.379

³ Anexo 3

DIAGNÓSTICO GENERAL

GENERALIDADES	Ubicación	11°14'50" Latitud Norte y 74° 12'06" Longitud Occidental			Extensión (Ha)		
	Altura	Minima 6 m.s.n.m	Máxima 5.775	Urbana 2.300	Rural 233.722	Total 236.022	
ASPECTOS POLÍTICO- GEOGRAFICOS	División por comunas	Mará Eugenia - Pando	Comuna central	Pescaito - Taganga	Polideportivo – El Jardín		
		Santafé - Bastidas	Parque – Mamatoco – 11 de Noviembre	Gaira - Rodadero	Pozos Colorados – Don JAcá		
	Principales bahías	Gaira y Taganga, las puntas de Betín, Brava, Gloria, Castillete, El Diamante, Gaira y los cabos de La Aguja, San Agustín y San Juan de Guía.					
	Principales ríos	Buritaca, Chiquito, Don Diego, Gaira, Guachaca, Manzanares, Mendiguaca, Palomino y Piedras.					
CLIMA	El clima es desde el más cálido hasta climas propios de las nieves perpetuas y páramos permanentes.						
	La presencia de la Sierra Nevada se opone al paso de los vientos alisios que soplan del norte y noreste principalmente, por ello los flancos norte y noreste presentan mayor nubosidad y precipitación.						
	Temperatura			Coeficiente pluviométrico			
	Minima	Máxima	Promedio	Minimo	Máximo		
	23°C	34°C	28°C	0.05	2.43		
	Humedad relativa promedio			Precipitación promedio	Lluvias mínimas	Lluvias máximas	
77%			332 mm	Junio-Agosto y Diciembre-Marzo	Mayo-junio y Septiembre-Octubre		
GEOLOGÍA GEOMORFOLOGIA	Y	El territorio Distrital se encuentra localizado en su mayor parte sobre formaciones de origen Cuaternario poco consolidadas que corresponden a la parte baja y plana. Su zona montañosa está constituida por basamentos metamórficos del Predevónico y formaciones del Mesozoico de los periodos Triásico y Jurásico con plegamientos Pleistocénicos.					
		Zona montañosa			Zonas bajas		
		Esquistos Predevónicos, rocas ígneas, rocas metamórficas y yacimientos Paleozoicos			Depósitos mezclados de origen marino y fluvio – marinos		
El relieve del Distrito posee características muy singulares por contar en su territorio con la formación montañosa litoral más alta del mundo. Esta situación explica dos características propias del Distrito: la presencia de un sinnúmero de pendientes pronunciadas, terrenos escarpados, valles y cañadas; y la existencia de los diferentes tipos de climas característicos de las zonas tropicales							

4

⁴ Anexo 4

CLASES DE SUELOS		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	
	Suelos	Aptos para agricultura y ganadería intensiva. Prácticas sencillas de manejo para mantener su productividad.	Aptitud agrícola y ganadera, susceptible a la erosión, exceso de humedad, presencia de piedras, inundaciones periódicas.	Susceptibles a la erosión, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad.	De pendientes pronunciadas susceptibles a la erosión. De textura gruesa y excesiva permeabilidad.	Zonas planas bajas, de relieves cóncavos. Inundaciones periódicas. Limitaciones para cultivos. Bosques, vegetación natural. Ganadería sin prácticas especiales.	Limitaciones severas para cultivo, apto para pastos, vegetación permanente.	Bosques, coberturas permanentes y pastos. Quebrados, ondulados y pedregosos. Erosión severa. Presencia de sales. No adecuados para la agricultura.	Inapropiados para agricultura, ganadería o bosques. Característicos de las mayores alturas.	
	Extensión (Ha)	980	931	1.239	855	271	1.639	202.600.753	30.820	
Disposición final de residuos sólidos										
Botadero Veracruz					Relleno Sanitario de Palangana			Planta incineradora de basura		
GEOGRAFÍA REGIONAL										
División política del área rural de Santa Marta (Corregimientos)										
	Hectáreas	Bonda	Guachaca	Minca	Taganga	Resguardos indígenas				
		34.533.63	47.909.62	35.871.24	2.727.94	112.680.1				
Ejes viales articuladores primarios										
	Troncal del Caribe	Pescaito – Taganga			El Yucal – Cabecera de Minca			Estado		
		Asfalto en buen estado								
Ejes viales articuladores secundarios										
	Bastidas – Bahía Concha	Troncal del Caribe – Machete Pelao			Cabecera de Minca – La Tagua.			Carreteable en mal estado		
	Troncal de Caribe – Neguanje	Troncal del Caribe – Cañaveral			Antigua Troncal del Caribe			Asfalto en mal estado		
	Troncal del Caribe- Cabañas de Buritaca							Asfalto en buen estado		
DEMOGRAFIA										
Número de habitantes por sector									Población total	
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Centro histórico	Rodadero	434.937	
	59.151	86.987	145.704	56.107	25.226	10.873	25.226	25.661		
Proyección poblacional por edades (2008)										
	0 - 14		15 - 44			45 - 64		más de 65		448.396
	127.909		234.852			64.681		32.740		
	Tasa de natalidad					Tasa de crecimiento				
	0.013 %					0.032 %				



DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES	Actividades comerciales				
	Actividad comercial 1	Actividad comercial 2	Actividad comercial 3	Actividad comercial 4	
	Comercio de artículos compatibles con el uso principal del barrio en el cual se encuentran localizados. Bajo impacto ambiental, que por el uso frecuente que de ellos hace la comunidad son complementarios al uso residencial.	Locales destinados al suministro de servicios para el uso principal de la zona, están en áreas especialmente determinadas. Bajo impacto ambiental y urbanístico. Restringido a las áreas residenciales	Locales destinados al intercambio de servicios, localizados en zonas especialmente determinadas, se lleva a cabo a nivel de ciudad. Establecimiento de alto impacto ambiental	Instalaciones destinadas al intercambio de servicios que por sus características, localizado en zonas especialmente determinadas. Se lleva a cabo a nivel intermunicipal o Inter-regional.	
	Actividades institucionales				
	Actividad institucional 1	Actividad institucional 2	Actividad institucional 3	Actividad institucional 4	
	Establecimientos que prestan servicios de primera necesidad y cobertura local. Bajo impacto ambiental y urbanístico, no generan tráfico, ni ruidos, y no propician usos complementarios significativos	Establecimientos públicos o privados, de mediano impacto, de cobertura zonal compatibles con el uso residencial	Establecimientos que prestan servicios especializados de cobertura distrital. Alto impacto urbanístico, Edificaciones especializadas de gran magnitud. Su cobertura abarca la totalidad del territorio.	Establecimientos públicos o privados de alto impacto. Cobertura intermunicipal, no compatibles con el uso residencial. Prestación de servicios públicos y funerarios. Producción e intercambio comercial	
	Actividades industriales				
	Actividad industrial 1	Actividad industrial 2	Actividad industrial 3		
	Bajo impacto ambiental y urbanístico. Se pueden ubicar en espacios habilitados para tal efecto dentro de edificaciones comerciales o vivienda unifamiliar	Alto impacto ambiental y mediano impacto urbanístico, complementaria del uso comercial, no compatible con el uso residencial, se localiza en locales independientes, en áreas con uso principal comercial.	Alto impacto ambiental, urbanístico y magnitud considerable, debe localizarse distante a los sectores residenciales y comerciales		
	Actividades portuarias				
Actividad portuaria 1	Actividad portuaria 2	Actividad portuaria 3	Actividad portuaria 4		
Muelles, terminales y establecimientos que atienden embarcaciones menores dedicadas al transporte de personas y/o actividades deportivas acuáticas.	Muelles, terminales y establecimientos que atienden embarcaciones de todos los tamaños, transportan carga excepto hidrocarburos y combustible.	Muelles, terminales y establecimientos que atienden embarcaciones de todos los tamaños, transportan productos químicos, hidrocarburos y combustibles	Muelles, terminales y establecimientos que atienden exclusivamente embarcaciones militares de todo tamaño.		
Productos de importación					
		Producto		%	
		Carbón		52.66	
		Banano		34.98	
		Café		10.50	
		Otros		1.86	
Actividades turísticas					
Atracciones turísticas naturales	Parques Nacionales Naturales		Playas	Riberas de los ríos	
	PNN Tayrona	PNN Sierra Nevada			
AREAS DEGRADADAS	Canteras	Producción de ladrillos	Deterioro de los suelos por asentamiento subnormales	Escombreras	
	80 has	30 has	Áreas periféricas	Rondas hidráulicas, predios baldíos	

5

5 Anexo 5

INGRESO PER CAPITA DE LA POBLACION	Menos de 1 salario mínimo		Entre 2 y 10 salarios mínimos		Mayor de 10 salarios mínimos		
	74.6 %		23.7 %		1.6 %		
ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONOMICA	Estrato	Bajo, Medio bajo, Medio	Bajo bajo, Medio bajo, Medio medio, Alto	Medio bajo, Medio medio, Alto alto	Medio bajo, Medio, Alto	Bajo, Medio bajo, Medio medio, Alto	
	Sector	1	2	3	4	5	
	Estrato	Medio, Medio alto, Alto	Bajo, Medio bajo	Bajo bajo, Sin vivienda	Bajo, Sin vivienda	Bajo	Sin vivienda
	Sector	7	6 - 8 - 9 - 13 - 14	10 - 11 - 16	15 - 19	20 - 56	17 - 77
IDENTIFICACIÓN DE LAS ORGANIZACIONES DE REICLADORES	Cooperativa Renacer			Cooperativa Fénix			
	70 recicladores			55 - 200 recicladores			
	Trabajan directamente en la fuente			Trabajan en el botadero Veracruz			
COMITES DE DESARROLLO Y CONTROL SOCIAL	El Parque	El Rodadero	Santa Fé y La Estrella	Laureles-Altos C/gena-Bonda	Gaira		
	Comité 0001	Comité 0002 - 0003 - 0004	Comité 0005	Comité 0006	Comité 0007		
	El Pradito	San Pedro Alejandrino AV. del Río 2-3	Alfonso López	Los Almendros (Betania)			
	Comité 0008	Comité 0009	Comité 0010	Comité 0011			

5

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

SITUACIÓN AMBIENTAL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	Botadero Veracruz										
	Contaminantes			Efectos			Factores de riesgo para los recicladores		Vidrios		Operación de máquinas
	Lixiviados		Gases	Vegetación		Fauna			Agujas infectadas	Circulación de carros pesados	
	Relleno sanitario de Palangana										
	Efectos abióticos					Efectos bióticos					
AUTORIZACIONES AMBIENTALES	Suelo		Aguas superficiales y subterráneas			Aire		Paisaje		Vegetación	Fauna
	Resolución 4154					Resolución 1581					
	CORPAMAG, acepta el plan de Manejo Ambiental presentado por la ESPA S.A para la disposición final de los residuos sólidos en el botadero Veracruz					Se otorga la Licencia Ambiental a Interaseo para que haga uso de un lote de terreno ubicado en el sector Neguanje - Palangana					
	Resolución 132					Resolución 2099					
	Se fijan los términos de funcionamiento del B. Veracruz y se estipula como fecha máxima de operación el día 20 de Noviembre del 2002					Se otorga la prórroga de funcionamiento para el botadero Veracruz hasta el 20 de Septiembre del 2003					
	Resolución 1361					Resolución 419					
CORPAMAG, otorga un período de funcionamiento de 10 meses más para continuar disponiendo en el Botadero. Continúa funcionando hasta el 20 de Julio de 2004					Niega la cuarta prórroga solicitada para ampliar el tiempo de funcionamiento del botadero Veracruz						
VIDA UTIL DE LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL	Relleno Sanitario de Palangana					Botadero Veracruz					
	15 años					Julio 20 del 2004 con 94.325 m ³					
FUENTES DE AGUA CERCANAS	Relleno Sanitario de Palangana										
	Quebrada "la lata"										
VERTIMIENTO DE LIXIVIADOS	Lixiviado recirculado										
	Promedio mensual	1.635 m ³ /mes	Promedio día	55.5 m ³	Pico máximo	7.880 m ³ /mes	262.3 m ³ /día	Pico mínimo	133 m ³ /mes	42 m ³ /día	
POBLACIONES LOCALIZADAS CERCA DE LOS SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL	Botadero Veracruz										
	A los 500 a 1.000m se encuentra el barrio que se generó por los recicladores que laboran en el predio.			A más de 1.000m hay barrios residenciales y un restaurante.			Los vecinos inmediatos son fincas destinadas a la extracción de material para la elaboración de ladrillos.				

⁵ Anexo 6

DIAGNÓSTICO TÉCNICO, OPERATIVO Y DE PLANEACIÓN

PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Cantidad total de residuos sólidos recolectados	Residuos sólidos orgánicos (RSO) producidos					Centroide de producción
	8.320 Toneladas / mes	64.9 %					Estrato 3
	Residuos sólidos inorgánicos (RSI) producidos						
	Plástico	Papel	Cartón	Férreos	Vidrios	Otros	Total
	6.99 %	2.55 %	3.15 %	1.73 %	3.01 %	0.99 %	18.4 %
	Actividades realizadas para promover la reducción de los Residuos sólidos						
	Campañas de recuperación o reciclaje en la fuente realizadas por las cooperativas de recicladores						
	Recolección o reciclaje por el personal de INTERASEO y por cuadrillas de recicladores en el mismo botadero						
	Campañas de educación ambiental para incentivar el reciclaje, dirigidas por INTERASEO a la comunidad en general.						
	Número total de domicilios localizados en el área urbana						
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6		
13.64 %	20.01 %	33.46 %	18.69 %	5.84 %	8.36 %		
COMPONENTE DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	# de veces al año en que se debe prestar el servicio	# de viaje realizados al mes			Servicio exclusivo		
	365 días	1000 viajes al mes			No existe		
	Frecuencias semanales de recolección						
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	
	1	2	3	4	5	6	
	# y tipo de vehículos de recolección						
	14 equipos compactadores	1 ampiroll	2 tractores	Un cargador	1 bulldozer	3 volteos	
	2 barredoras mecánicas	1 barredora de playas		1 vehículo para transporte de personal	1 vehículo para residuos especiales		
	Número de operarios en recolección y transporte				Cobertura de recolección en el área urbana		
	23 conductores y 44 ayudantes				87 %		
Cobertura de recolección, respecto al número de usuarios							
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Zona comercial	
0.10	0.12	0.27	0.09	0.03	0.12	0.14	
Cantidad de residuos sólidos reciclables recogidos				Rendimiento del personal de recolección y transporte			
131.65 toneladas al mes				4.77 toneladas por operario al mes			
COMPONENTE DE BARRIDO Y LIMPIEZA	Longitud de vías barridas manualmente al mes		Longitud de vías barridas mecánicamente al mes		Total		
	1.064 kilómetros del Rodadero		676 kilómetros		1.740 kilómetros al mes		
	# de operarios de barrido empleados al mes			Horas de barrido mecánico al mes			
	43 operarios			780 horas al mes			
	Actividades de operación y mantenimiento						
	La empresa INTERASEO SA. dota de uniformes y herramientas necesarios para realizar la labor del barrido manual. Las herramientas son recogidas y entregadas diariamente, en el lugar donde se encuentran los operarios. El residuo recolectado en esta actividad es dejado en la avenida más cercana, para que el vehículo recolector que tenga esa ruta lo recoja y lo deposite en el botadero. Esto sin llevar registros del peso o características de los residuos recolectados en la actividad de barrido manual.						
	Rendimiento de barrido manual				Rendimiento de barrido mecánico		
2.7 kilómetros por operario al mes (Rodadero)				1.04 kilómetros por hora al mes			

7

COMPONENTE DISPOSICIÓN FINAL	DE	Relleno sanitario de Palangana	Botadero Veracruz
	Descripción del tipo de disposición final	Se tiene contemplado la construcción de una planta de transferencia de residuos sólidos, donde se permitirá la separación de los residuos sólidos en reciclables y no reciclables	Se manejó el proceso de enterramiento por medio de celdas con dimensiones de 5 metros de ancho y tres metros de altura, incluyendo 0.2 metros de material de cobertura, lográndose una densidad de compactación de 0.7 toneladas por metro cúbico.
	Cantidad de residuos sólidos dispuestos diariamente	300 toneladas diarias	320 toneladas diarias
	Vías de acceso y descripción de la topografía	Es un área abierta con algunos relieves ondulados de 17 Ha. Las hectáreas restantes son para el área de amortiguamiento. Las vías de acceso y tránsito son carreteras destapadas, con suelos ligeros y con alto contenido de arcilla y limo.	El acceso es a través de una vía destapada de dos kilómetros, la cual no cuenta con obras de desviación y canalización de escorrentías. Esta vía tiene residuos sólidos a lado y lado de la carretera. Este camoteable atraviesa por un sector de barrio 20 de Octubre. Existe erosión de tipo agrietamiento debido a la pérdida de humedad del material de cobertura.
	Distancia entre el sitio de disposición y el casco urbano	800 metros	Se encuentra dentro del barrio 20 de Octubre
	Distancia del sitio de disposición a cuerpos de agua	El relleno es atravesado por la quebrada intermitente, "La Lata".	El botadero esta ubicado entre dos quebradas sobre la ronda hidrica de la quebrada Mojada.
	Equipo disponible	3 bulldozer, 2 retroexcavadoras, 1 cargador, 2 volteos	1 bulldozer, 1 retroexcavadora, 2 volteos
	Presencia de recicladores	No presenta	200 recicladores
	Manejo de gases	Se construirán chimeneas para el desfogue de los gases, las cuales tendrán alturas entre 9-36m, las mediciones se realizaran con un DRAGER, para el tratamiento se usara el sistema de quemado.	Los gases son tratados con el uso de tres chimeneas artesanales de arcilla, las cuales permanecen encendidas permanentemente.
	Manejo de lixiviados	Se construirán 2 filtros maestros que serán los encargados, de sacar los lixiviados de la celdas y conducirlos a las piscinas de almacenamiento de lixiviados. Se realizaran caracterizaciones periódicas para conocer la calidad del lixiviado producido por la basura en descomposición, el tratamiento que se dará será el de recirculación	El proceso de recirculación de lixiviados puede ser denominado como un tipo de pretratamiento, ya que se eliminan compuestos por lixiviación a las capas profundas, y otros se volatilizan al exponerlos a la intemperie. Como este botadero no fue impermeabilizado en su inicio y los lixiviados son recirculados sin neutralizar hasta valores de pH apropiados, se ocasiona la evaporación de contaminantes que estos contienen y pueden ser denominados como mecanismos de emisión de contaminantes a la atmósfera y al subsuelo,
	Producción media de lixiviados	0.015 litros por segundo	0.015 litros por segundo ó 0.0216 m ³ por día.
Actividades para el control de taludes y estabilidad de suelos en el relleno sanitario de Palangana			
Existe una comisión topográfica, encargada de construir los taludes de apoyo de la basura confinada, y garantizar la estabilidad de esta, se colocaran testigos para verificar esta situación; las pendientes que se trabajan en el proyecto son del 3/1.			
Actividades para el cierre y clausura del botadero Veracruz			

7

⁷ Anexo 7

⁷ Anexo 7

	Control de taludes	Construcción de un tanque de riego de 18m ³ , para las etapas reforestadas	Mantenimiento y control de canales de escorrentía	
	Reforestación	Cerramiento perimetral	Monitoreo de lixiviados y gases	
			Socialización	
RESIDUOS ESPECIALES	Tipo de residuos especiales producidos			
	Lodos de potabilización de aguas y de mantenimiento de redes de alcantarillado		Residuos provenientes del matadero distrital	
	Residuos hospitalarios		Escombros	
	Residuos sólidos hospitalarios		Poda de árboles y jardines	
	Características		Tratamiento	
	Ordinarios (biodegradables, reciclables, inertes)		No requiere	
	Biosanitarios		Incineración	
	Anatomopatológicos	Cenizas empacadas en bolsas PEAD y dispuestas en celdas especiales		
	Animales			
	Cortopunzantes		Cenizas empacadas en bolsas PEAD, encapsuladas y dispuestas en celdas especiales	
	Cantidades producidas		Recolección, forma y tipo de presentación	
	14 toneladas al mes		Son depositados en bolsas de colores, acogiéndose al código de peligrosidad de colores, establecido por los PGIRSH de algunos generadores. La empresa INTERASEO SA ESP recoge los residuos hospitalarios de 359 generadores.	
	Equipos utilizados		Residuos hospitalarios	Residuos del matadero
			1 vehículo furgón en mal estado	Carro particular
	Frecuencia de recolección		Diariamente	
Prestación del servicio de poda y corte de césped				
El servicio es realizado puntual y muy aisladamente por la empresa ESPA, en brigadas especiales y jornadas integrales de limpieza, junto con la policía nacional y el cuerpo de bomberos.				
Prestación del servicio de lavado de vías y áreas públicas				
El servicio de lavado de áreas públicas no es prestado por la empresa operadora del servicio de aseo, pero en eventos culturales, el cuerpo de bomberos efectúa esta labor en algunos sectores por petición de ESPA.				
Prestación de servicio en el área rural				
ESPA viene realizando y apoyando en el área rural del Distrito, la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición final de basuras en los corregimientos de Taganga, Guachaca, Minca, El campano y La Tagua ubicados en jurisdicción de la Sierra Nevada de Santa Marta. Sin embargo Taganga es el único corregimiento que cuenta con un servicio bien organizado de recolección. El mayor limitante para la empresa prestadora del servicio de aseo y de recolección de basuras es el estado de las vías de acceso, el cual no permite el libre tránsito de los camiones recolectores.				

7

7 Anexo 7

DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL

RESPONSABILIDADES DEL DISTRITO DE SANTA MARTA	Elaborar el plan de manejo integral de residuos sólidos		Cumplir sus responsabilidades como generador de residuos sólidos
	Coordinar con la autoridad ambiental competente la aplicación del plan de manejo integral de residuos sólidos		Promover proyectos y programas de separación y aprovechamiento de residuos
	Gestionar en el ámbito de su competencia la aplicación de los instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de las regulaciones relacionadas con el manejo integral de residuos		Fomentar la investigación, desarrollo e implementación de sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos y disposición final de basuras que respondan a las necesidades del distrito
	Garantizar la protección del medio ambiente, la salud humana y los recursos naturales en las actividades concernientes a la prestación del servicio público domiciliario de aseo		Adelantar acorde con sus normas, contratos de promoción de separación y selección en la fuente y educación a los usuarios en el manejo integral de los residuos sólidos
	Establecer los convenios con los diferentes sectores involucrados para el desarrollo de actividades tendientes a la minimización de basuras y aprovechamiento de residuos sólidos		
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ASEO (ESPA)	Naturaleza jurídica		
	Empresa Industrial y Comercial del Distrito de Santa Marta, creada mediante Decreto Acuerdo No 986 del 24 de Noviembre de 1992, modificado parcialmente por el Decreto Acuerdo No 997 del 27 de Noviembre de 1992 y protocolizado mediante Escritura Pública No 4290 de Diciembre 1 de 1992 otorgada en la Notaria Segunda del Circulo de Santa Marta.		
ENTIDADES TERRITORIALES COMPETENTES	DADMA	De conformidad con el Acuerdo No 016 del 27 de Noviembre de 2002 y el Acuerdo No 005 del 27 de Noviembre de 2003, el ente se denominó Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente-DADMA del Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta. EL DADMA, será la máxima autoridad ambiental, en el área urbana y ejercerá como entidad rectora de la política ambiental, eco turística y del sistema ambiental en la jurisdicción del Distrito	
	CORPAMAG	La Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) es un ente corporativo de carácter público, creado por la Ley 29 de 1989 y transformado por la Ley 99 de 1993. Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la Ley de administrar, dentro del área de la jurisdicción del departamento del Magdalena, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente	
OPERADOR	INTERASEO S.A La responsabilidad por los efectos ambientales y la salud pública generada por las actividades efectuadas en los diferentes componentes del servicio público de aseo de los residuos sólidos, recaerá en la persona prestadora del servicio de aseo, la cual deberá cumplir con las disposiciones del decreto 1713 de 2002 y demás normatividad vigente.		
INTERVENTOR	ESPA Verifica el cabal desarrollo y la ejecución del contrato de concesión por intermedio de su personal		
ORGANIZACIONES QUE DESARROLLAN ACTIVIDADES DE RECICLAJE	Cooperativa Fénix		Cooperativa Renacer
	Reciclar Santa Marta		Reciclajes El Progreso

8

⁸ Anexo 8

DIAGNÓSTICO ADMINISTRATIVO

ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA	DADMA	Director	Coordinador Depto. Advo. y Financiero			Coordinador Gestión Ambiental		
		Coordinación jurídica	Profesional especializado	Contador	Pagador	Técnico ambiental		
	Trabajador social	Secretaria	Auxiliar de oficina	Auxiliar de servicios generales			Conductor	
	CORPAMAG	1 Director	3 Subdirectores		1 Secretaria General		1 Jefe de control interno	
		2 Asesores	18 Profesionales Especializados			23 Profesionales Universitarios		
		8 Tecnólogos	7 Técnicos Operativos		4 Secretarías Ejecutivas		3 Conductores mecánicos	
	ESPA	Gerente	1 jefes con int.			1 J. Div. Pres		
1 secretarias		1 técnico administrativos			1 jefes interv			
3 supervisores		1 J. Maquinaria			1 A. Sena			
VALOR MENSUAL DE NOMINA	CORPAMAG	100.892.203 mil pesos			ESPA	12.920.745 mil pesos		
INVENTARIO DE ACTIVOS	DADMA Representado en bienes muebles, equipos y enseres por valor de \$17.500.000							

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA FINANCIERO Y ECONÓMICO

ASPECTOS FINANCIEROS DE ESPA	Margen de utilidad operacional	60.61 %			Coeficiente de operación			0.649	
	Razón corriente	4.9%	Razón de endeudamiento		52.90 %	Días promedio por cobrar		4.77.67 días	
ASPECTOS ECONOMICOS DE INTERASEO	Costos de referencia autorizados por la CRA								
	Costos de recolección y transporte	23.875			Disposición Final			3.500	
	Tasa de barrido (% del CRT)	23.72 %			Costo de referencia			3.965	
	Subsidios y contribuciones								
	Estratos								
		1	2	3	4	5	6	Comerciales	Grandes generadores
Subsidios	523.192.441	618.643.389	403.604.797	-	-	-	-	-	
Contribuciones	-	-	-	-	85.706.901	391.625.628	105.778.630	52.649.073	

DIAGNOSTICO DEL SISTEMA COMERCIAL

PETICIONES, QUEJAS Y RECLAMOS	# de quejas anuales por fallas en la calidad del servicio	13 quejas	Tiempo de respuesta	8 días
	# de quejas por facturación	205 quejas		
			9 Días	

⁹ Anexo 9